

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE VETERINARIA

Departamento de Medicina y Cirugía Animal



TESIS DOCTORAL

Estudio ecográfico del músculo supraespinoso en caninos

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Juan Antonio Cámara Serrano

Directores

María Pilar Llorens Pena
María Sánchez de la Muela

Madrid, 2014

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE VETERINARIA
MEDICINA Y CIRUGÍA ANIMAL



ESTUDIO ECOGRÁFICO DEL
MÚSCULO SUPRAESPINOSE EN CANINOS

TESIS DOCTORAL

JUAN ANTONIO CÁMARA SERRANO

2013

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE VETERINARIA
MEDICINA Y CIRUGÍA ANIMAL

ESTUDIO ECOGRÁFICO DEL
MÚSCULO SUPRAESPINOSO EN CANINOS

Memoria presentada por
JUAN ANTONIO CÁMARA SERRANO
para optar al Grado de
Doctor en Ciencias Veterinarias

Madrid, 2013



Dña. MARÍA PILAR LLORENS PENA, Profesora Titular de Universidad, **D. JESÚS RODRÍGUEZ QUIRÓS**, Profesor Contratado Doctor, y **Dña. MARÍA MERCEDES SÁNCHEZ DE LA MUELA**, Profesora Titular de Universidad del Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid,

INFORMAN:

Que el presente trabajo de investigación titulado **"ESTUDIO ECOGRÁFICO DEL MÚSCULO SUPRAESPINOSE EN CANINOS"**, presentado por **D. JUAN ANTONIO CÁMARA SERRANO**, ha sido realizado bajo nuestra dirección, cumpliendo con las condiciones metodológicas y de originalidad necesarias; y habiéndose concluido, autorizamos su presentación para ser juzgado por el tribunal correspondiente para optar al Grado de Doctor en Ciencias Veterinarias.

Y para que así conste y a los efectos oportunos, firmamos el presente informe en Madrid, a 16 de Octubre de 2013.

Dra. María Pilar Llorens Pena

Dr. Jesús Rodríguez Quirós

Dra. M^a Mercedes Sánchez de la Muela

DEDICATORIA

*"Lo poco que he aprendido carece de valor,
comparado con lo que ignoro y no desespero en aprender".*
René Descartes (1596-1650) Filósofo y matemático francés.

*"Cuantas más cosas quedan por aprender,
menos tiempo queda para hacerlo".*
Marcel Prévost (1862-1941) Escritor francés.

A MI FAMILIA Y A PILI

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

En este apartado quisiera rendir mi más sincero y humilde homenaje a todas aquellas personas que me han ayudado a lo largo de este duro y a veces frustrante camino. Si olvido a alguien que cree merecer una mención ruego que me perdone. El tiempo es el peor enemigo de la memoria.

Me gustaría empezar los agradecimientos citando a las instituciones y centros que me han permitido, ya sea con sus instalaciones o con su personal, realizar este trabajo de tesis doctoral.

En primer lugar me gustaría agradecer a la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid el permiso y la disposición para realizar todos los trámites y pruebas necesarios para hacer posible este trabajo. En especial me gustaría agradecer al departamento de biblioteconomía de la facultad su premura y diligencia a la hora de conseguir referencias bibliográficas y artículos, elementos básicos en la realización de cualquier tesis.

En segundo lugar me gustaría agradecer al Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas la disposición de sus instalaciones para la realización de pruebas y estudios complementarios al trabajo realizado en esta tesis. En especial quiero mencionar a la doctora Marta Cañamero y al departamento de Patología Comparada por su generosidad y ayuda en el tenebroso mundo de la histología. También agradecer a la Unidad de Imagen Molecular por el uso de sus instalaciones durante los últimos pasos de este trabajo.

Agradecer al departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Facultad de Veterinaria de Madrid, y en especial a su secretaria, por el tiempo dedicado a mi estudio, tanto en la revisión del trabajo como en la ayuda con los diferentes enredos burocráticos que he ocasionado.

También me gustaría agradecer al Hospital Clínico Veterinario Complutense de la UCM, y en especial a su personal, por la ayuda prestada a este trabajo.

Por último agradecer a la Clínica Veterinaria Mi Mascota, y en especial a la doctora Pilar Pérez Lloret y a José Antonio Rojo por el uso de sus instalaciones y su tiempo. Ellos saben que sin su ayuda nunca hubiese podido realizar nada de esto. Muchas gracias amigos.

En los agradecimientos personales quisiera romper el protocolo establecido y comenzar con los que ya no nos acompañan, porque merecen más que nadie el mayor de los agradecimientos. A Don Joaquín Camón Urgel, doctor en Veterinaria y profesor en el departamento de Anatomía y Anatomía Patológicas Comparadas de la Facultad de Veterinaria de Madrid. Él fue quien me inculcó el pensamiento científico y me enseñó a dudar de lo establecido, un abrazo allá donde estés. A mis abuelos, Ángel, por ser como era, maravilloso e inolvidable, y Juan Antonio, del que heredé el nombre y el amor por los animales, y que tanto me enseñó sobre proteger a los más débiles. Vuestras enseñanzas son el mejor de los regalos.

Después, me gustaría continuar con mis directores de tesis, la doctora Pilar Llorens Pena, la doctora Mercedes Sánchez de la Muela y en especial, el doctor Jesús Rodríguez Quirós, todos ellos del departamento de Medicina y Cirugía Animal, por aguantar mis esperas y olvidos y ayudarme a realizar este laborioso trabajo. Y también al doctor Fidel San Román, por la ayuda y los consejos aportados.

El siguiente no puede ser otro que Hernán Fominaya, mi maestro, mentor y amigo. Él me ha enseñado todo lo que sé de ecografía y a él le debo mi vocación profesional. Y con él agradezco a Javier, mi eco-compañero y al que mando un abrazo a su Colombia natal.

Luego agradecer a mis compañeros y amigos, Luis, Emilio y tantos otros que me han dado ánimos en las épocas más duras y difíciles, que las ha habido durante estos años.

A mi familia, mi abuela Pepa, por quererla tanto, mis padres Juan y Maricarmen por guiarme, ayudarme a ser como soy y educarme en la cultura del esfuerzo, tan poco común en estos días. Y a mis hermanos Miguel Ángel y Sergio, por crecer conmigo y vivir a mi lado estos años, compartiendo ratos buenos y otros no tan buenos.

Y por último y más importante, a mi esposa, Pili. Por aguantarme durante estos ocho años de trabajo, por animarme en los peores momentos, por empujarme y obligarme a continuar y terminar lo que empecé hace tanto. En definitiva, por ser como es y permitirme disfrutar junto a una persona tan maravillosa como ella. Te quiero.

Y después de agradecer a tanta gente, y pedir disculpas a los olvidados, comienza el desarrollo de mi trabajo de tesis doctoral.

En Velilla de San Antonio, a 2 de Junio de 2013

ÍNDICE

ÍNDICE

<u>ABREVIATURAS</u>	1
<u>1. PRESENTACIÓN</u>	5
<u>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	9
2.1. Técnica ecográfica	11
2.1.1. Introducción histórica	11
2.1.2. Los ultrasonidos	17
2.1.3. Generación de la imagen ecográfica	20
2.1.3.1. Efecto piezoeléctrico	20
2.1.3.2. Visión esquemática de un ecógrafo	21
a) Detección de la estructura	21
b) Determinación de la profundidad	21
c) Determinación de la ecogenicidad	22
2.1.3.3. Presentación de la información	24
2.1.4. Tipos de imágenes	24
2.1.5. Artefactos de la imagen	26
2.1.6. Modos de imagen	31
2.1.7. Transductores	33
2.1.8. Estandarización de la imagen	35
2.2. Músculo supraespinoso	36
2.2.1. Anatomía macroscópica	36
2.2.2. Anatomía microscópica	39
2.2.3. Patología del músculo supraespinoso	41
<u>3. JUSTIFICACIÓN</u>	45
<u>4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO</u>	51
4.1. Hipótesis	53
4.2. Objetivos del estudio	53
<u>5. MATERIAL Y MÉTODOS</u>	57
5.1. Material	57
5.1.1. Material biológico	57
5.1.1.1. Tamaño de muestra y análisis estadístico del mismo	57
5.1.1.2. Variables a analizar y clasificación de las mismas	59
5.1.2. Material empleado en el diagnóstico ecográfico	61
5.1.2.1. Ecógrafos	61
5.1.2.2. Sondas	61

5.1.2.3. Impresoras	62
5.1.2.4. Grabador DVD	62
5.1.3. Material anestésico	63
5.1.4. Material empleado en la preparación del campo	64
5.1.4.1. Peladora	64
5.1.4.2. Gel de ecografía	64
5.1.4.3. Alcohol	64
5.1.4.4. Otros.....	64
5.1.5. Material eutanásico.....	65
5.1.6. Programas informáticos.....	65
5.2. Métodos	65
5.2.1. Protocolo general	65
5.2.2. Selección del paciente y recogida de datos.....	66
5.2.3. Método del estudio ecográfico.....	67
5.2.3.1. Método anestésico.....	67
5.2.3.2. Método ecográfico	68
a) Posicionamiento del animal y preparación del campo	68
b) Localización de estructuras anatómicas.....	68
c) Exploración ecográfica del M. supraespinoso.....	69
d) Selección de la zona de medición del M. supraespinoso.....	70
e) Validación de la estructura observada ecográficamente	71
f) Procesado de la información	72
g) Descripción del método de análisis de imágenes.....	74
5.2.4. Método del estudio estadístico	76
5.2.4.1. Clasificación por grupos	77
a) Peso.....	78
b) Edad	78
c) Altura a la cruz	78
d) Condición corporal.....	78
e) Sexo.....	79
f) Cojera	79
5.2.4.2. Análisis de las variables continuas sin agrupar.....	79
5.2.5. Método de disección anatómica y toma de muestras	80
<u>6. RESULTADOS</u>	<u>83</u>
6.1. Resultados de la imagen ecográfica y del protocolo de exploración.....	85
6.1.1. Imagen del músculo supraespinoso	85
6.1.1.1. Exploración del origen muscular.....	85
6.1.1.2. Exploración del vientre muscular.....	86
6.1.1.3. Exploración del tendón de inserción en su porción proximal	87
6.1.1.4. Exploración del tendón de inserción en su zona distal	89
6.1.2. Patologías descritas	91
6.1.2.1. Patologías musculares.....	92
a) Hematomas musculares.....	92
6.1.2.2. Patologías tendinosas	92
a) Tendinosis.....	92
b) Mineralizaciones.....	93
6.1.2.3. Patología de la cápsula articular	94

6.2. Resultados de la disección anatómica e histología	96
6.3. Resultados estadísticos	99
6.3.1. Resultados obtenidos respecto al diámetro y la ecogenicidad....	99
6.3.2. Análisis de normalidad de la muestra.....	102
6.3.3. Resultado del análisis estadístico de los datos obtenidos.....	104
a) Peso.....	104
b) Edad	104
c) Altura a la cruz	105
d) Condición Corporal	105
e) Sexo.....	106
f) Presencia de cojera	106
6.3.4. Valores medios del diámetro tendinoso	107
6.3.5. Valores medios de ecogenicidad tendinosa.....	107
6.3.6. Valores medios del diámetro tendinoso en región proximal en función del factor analizado.....	108
6.3.6.1. Valores medios obtenidos en función del peso	108
6.3.6.2. Valores medios obtenidos en función de la edad	108
6.3.6.3. Valores medios obtenidos en función de la altura	109
6.3.6.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal	110
6.3.6.5. Valores medios obtenidos en función del sexo.....	110
6.3.6.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera.....	111
6.3.7. Valores medios del diámetro tendinoso en región distal en función del factor analizado.....	112
6.3.7.1. Valores medios obtenidos en función del peso	112
6.3.7.2. Valores medios obtenidos en función de la edad	112
6.3.7.3. Valores medios obtenidos en función de la altura	113
6.3.7.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal	114
6.3.7.5. Valores medios obtenidos en función del sexo.....	114
6.3.7.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera.....	115
6.3.8. Valores medios de la ecogenicidad en porción proximal en función del factor analizado.....	116
6.3.8.1. Valores medios obtenidos en función del peso	116
6.3.8.2. Valores medios obtenidos en función de la edad	116
6.3.8.3. Valores medios obtenidos en función de la altura	117
6.3.8.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal	118
6.3.8.5. Valores medios obtenidos en función del sexo.....	118
6.3.8.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera.....	119
6.3.9. Valores medios de la ecogenicidad en porción distal en función del factor analizado.....	120
6.3.9.1. Valores medios obtenidos en función del peso	120
6.3.9.2. Valores medios obtenidos en función de la edad	120
6.3.9.3. Valores medios obtenidos en función de la altura	121
6.3.9.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal	121
6.3.9.5. Valores medios obtenidos en función del sexo.....	122
6.3.9.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera.....	123
6.4. Análisis de los resultados	124
6.4.1. Análisis de los resultados estadísticos del diámetro tendinoso	124
6.4.1.1. Diferencia estadística entre hombro izquierdo y derecho	124
6.4.1.2. Gráficas de dispersión de los resultados estadísticos.....	125

a) Representación de la edad.....	125
b) Representación del peso.....	126
c) Representación de la altura.....	126
6.4.1.3. Análisis de correlación de las variables numéricas.....	127
6.4.1.4. Influencia de los factores estudiados sobre los valores obtenidos.....	128
a) Análisis de la influencia del sexo.....	129
b) Análisis del factor cojera.....	130
c) Análisis del factor edad.....	131
d) Análisis del factor peso.....	132
e) Análisis del factor altura	134
f) Análisis del factor índice de masa corporal	135
6.4.1.5. Diferencia de diámetro entre las dos regiones del tendón.....	136
6.4.1.6. Diferencias en la relación de las porciones de TSE en función de la cojera	137
6.4.1.7. Cálculo de rectas de regresión de las variables numéricas y el diámetro tendinoso.....	137
a) Recta de regresión en función del peso.....	138
b) Recta de regresión en función de la altura	138
6.4.2. Análisis de los resultados estadísticos de la ecogenicidad tendinosa	139
6.4.2.1. Diferencia estadística entre hombro izquierdo y derecho	139
6.4.2.2. Correlación de las variables numéricas	140
6.4.2.3. Influencia de los factores estudiados.....	141
a) Análisis del factor sexo	142
b) Análisis del factor cojera.....	143
c) Análisis del factor edad.....	144
d) Análisis del factor peso.....	145
e) Análisis del factor altura	146
f) Análisis del factor índice de masa corporal	147
6.4.2.4. Análisis de la diferencia en ecogenicidad entre las dos regiones del tendón	148
<u>7. DISCUSIÓN</u>	149
7.1. Discusión del material y método	151
7.1.1. Material biológico empleado.....	151
7.1.2. Análisis estadístico realizado.....	153
7.1.3. Método empleado	158
7.2. Discusión de los resultados	160
7.2.1. Imagen ecográfica y comparación con anatomía macroscópica e histología	160
7.2.2. Comparación de resultados con el músculo supraespinoso de otras especies	165
7.2.3. Comparación de resultados observados en el músculo supraespinoso con los descritos en diferentes músculos en el perro..	168
7.2.4. Influencia de los factores medidos en los resultados obtenidos	170
7.2.4.1. Sexo.....	170
7.2.4.2. Edad	171
7.2.4.3. Peso, altura e índice de masa corporal	173

7.2.4.4. Cojera	175
<u>8. CONCLUSIONES</u>	179
<u>9. RESUMEN</u>	183
<u>10. SUMMARY</u>	191
<u>11. BIBLIOGRAFÍA</u>	199

ABREVIATURAS

ABREVIATURAS

cm.	Centímetro/Centímetros
COJ	Presencia o no de cojera
Dcho	Derecho
DF	Del inglés " <i>Degrees of freedom</i> ", grados de libertad estadísticos
Dist	Distal
F	Valor F estadístico
Fig.	Figura
Figs.	Figuras
G	Perro de peso o altura grande
GIG	Perro de peso o altura gigante
H	Valor estadístico del test Kruskal-Wallis
Hz.	Hertzio
IM	Intramuscular
IMC	Índice de masa corporal
IV	Intravenosa
Izqdo	Izquierdo
Kg.	Kilogramo/Kilogramos
KHz.	Kilohertzio
Km	Kilómetro/Kilómetros
m	Metro/Metros
M.	Músculo
M	Perro de peso o altura mediano
mg.	Miligramo/Miligramos
MHz	Megahertzios
min.	Minuto/Minutos
ml.	Mililitro/Mililitros
mm.	Milímetro/Milímetros
Mm.	Músculos
MR	Del inglés " <i>Magnetic resonance</i> ", resonancia magnética
MS	Del inglés " <i>Mean squares</i> ", cuadrado medio
N	Tamaño muestral
P	Perro de peso o altura pequeño

P value	Valor estadístico P
Prox	Proximal
Q	Valor estadístico Q
ROI	Del inglés " <i>Region of interest</i> ", región de interés
seg.	Segundo/Segundos
SC	Subcutánea
SONAR	Del inglés " <i>Sound navigation and ranking</i> ", navegación y alcance por sonido
SEM	Del inglés " <i>Standard error of the mean</i> ", error estándar de la media
SIT	Del inglés " <i>Supraspinatus insertion tendón</i> ", tendón de inserción supraespinoso
SS	Del inglés " <i>Sum of squares</i> ", suma de cuadrados
Std Dev	Desviación estándar
SUP DC dist	Porción distal del tendón del músculo supraespinoso derecho
SUP DC prox	Porción proximal del tendón del músculo supraespinoso derecho
SUP IZ dist	Porción distal del tendón del músculo supraespinoso izquierdo
SUP IZ prox	Porción proximal del tendón del músculo supraespinoso izquierdo
SUPRA dist	Porción distal del tendón del músculo supraespinoso
SUPRA prox	Porción proximal del tendón del músculo supraespinoso
T	Valor estadístico del test de Mann-Whitney
TAC	Tomografía axial computerizada
TBC	Tendón de origen del músculo bicipital
TSE	Tendón de inserción del músculo supraespinoso
W.	Wattios

1. PRESENTACIÓN

1. PRESENTACIÓN

El aprendizaje es una de las características básicas que han permitido al ser humano evolucionar hasta dominar el planeta en el que vive. La enseñanza de lo aprendido por parte de los progenitores a su descendencia es un rasgo que se comparte con otras especies animales, tales como ciertos homínidos y otros animales menos evolucionados.

La búsqueda del conocimiento, la necesidad de entender el funcionamiento del mundo y de nuestro propio cuerpo, y el de otros animales por extensión, ha permitido al ser humano mejorar su calidad de vida, la de sus congéneres y la de los seres vivos que le rodean.

Este trabajo de tesis doctoral intenta aportar una pequeña luz al todavía oscuro mundo de la medicina animal. Aunque la luz que aporta sólo permita evidenciar lo que muchos sospechamos, que todavía queda mucho por descubrir antes de conseguir entender el complejo mecanismo que hace funcionar a un ser vivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. TÉCNICA ECOGRÁFICA

2.1.1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

El descubrimiento de los ultrasonidos¹ data de 1880, año en el cual Jaques y Pierre Curie consiguieron generar ondas² sonoras de alta frecuencia³ mediante la estimulación con un campo eléctrico alternante de cristales de cuarzo y turmalina. Fue el descubrimiento del efecto piezoeléctrico⁴.

Las características físicas de los ultrasonidos comenzaron a aprovecharse en el estudio de los fondos marinos (Alexander Belm fue el primero en utilizarlos en 1912), y posteriormente en la detección de cuerpos sumergidos en el agua. Se produjo un amplio desarrollo de su generación y utilización durante la segunda guerra mundial, llegando a convertirse en la base del sistema SONAR ("*Sound Navegation and Ranging*") actual (Fig. 1).

Paul Langevin (1916) fue el primero en demostrar el efecto biológico de los ultrasonidos, ya que durante sus experimentos los peces que había en el agua aparecían muertos.

Durante las décadas de los años 30 y 40 del siglo pasado, los ultrasonidos empezaron a utilizarse también en la industria. En estos campos destacaron Sergei Y. Sokolov (1935) en el Instituto Electrónico de Leningrado y Floyd A. Firestone (1946) en la Universidad de Michigan.

¹ **Ultrasonido:** El ultrasonido es una onda acústica cuya frecuencia está por encima del límite perceptible por el oído humano, esto es, más de 20.000 Hz aproximadamente.

² **Onda:** Propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio, a través de dicho medio, implicando un transporte de energía sin transporte de materia.

³ **Frecuencia de onda:** Número de ciclos por unidad de tiempo de una onda u oscilación. La frecuencia de onda es inversamente proporcional a la longitud de onda. Su unidad de medida en el sistema internacional es el hercio (Hertz).

⁴ **Efecto piezoeléctrico:** Efecto por el cual un cristal es capaz de generar una corriente eléctrica al ser sometido a una presión.

Karl Theodore Dussik, un psiquiatra austriaco, trató de detectar tumores cerebrales registrando la atenuación del ultrasonido a su paso por el cráneo, lo que le permitiría identificar los ventrículos (Fig. 2). La técnica fue denominada *hiperfonografía cerebral* y sus primeras imágenes como resultado fueron publicadas en 1948. En esta publicación ya se teorizaba con la posibilidad de obtener imágenes del interior de los cuerpos mediante el uso de los ultrasonidos.

En esos años los ultrasonidos comenzaban a ser estudiados también como herramienta terapéutica en las escuelas médicas de Alemania, Francia y Estados Unidos. En 1939, Raimar Pohlman demostró el uso terapéutico de los ultrasonidos en los tejidos humanos, en la escuela médica de Berlín.

En el año 1951, Joseph H. Holmes y Douglas H. Howry produjeron imágenes en dos dimensiones del cuello y el abdomen usando el ultrasonido compuesto, donde un transductor⁵ móvil emitía señales desde varias posiciones hacia un área fija, integrando todos los datos en una imagen conjunta. Este sistema es la base del ecógrafo⁶ actual, y se puede considerar el primer ecógrafo tal y como se conoce actualmente.

El ginecólogo y obstetra Ian Donald, en 1954, comenzó a utilizar estas emisiones en el diagnóstico médico, en el Hospital de Glasgow (Escocia) (Fig. 3). Su primer experimento se basó en la generación y observación de los ultrasonidos en el estudio del cráneo fetal.

Los primeros exámenes ecocardiográficos en modo A fueron realizados por Wolf-Dieter Keidel en 1950, mientras que Henry G. Mundt y William F. Hughes fueron los primeros en publicar un artículo basado en la utilización de la ecografía⁷ en el examen oftalmológico, en el año 1956.

⁵ **Transductor:** Parte del ecógrafo encargada de emitir y recibir los ultrasonidos. También se le conoce como sonda.

⁶ **Ecógrafo:** Aparato capaz de generar ultrasonidos por medio de un emisor y recibir los ecos reflejados por medio de un receptor. Tras ello, genera una imagen en una pantalla, a la que se denomina sonograma.

⁷ **Ecografía:** Literalmente significa "dibujo del sonido". La utilización de este término se debe a una asimilación errónea del inglés *ultrasonography*, utilizado para referirse a la generación de una imagen en base a unos impulsos de ultrasonidos que atraviesan diferentes estructuras y que se ven reflejados hacia un emisor/receptor.

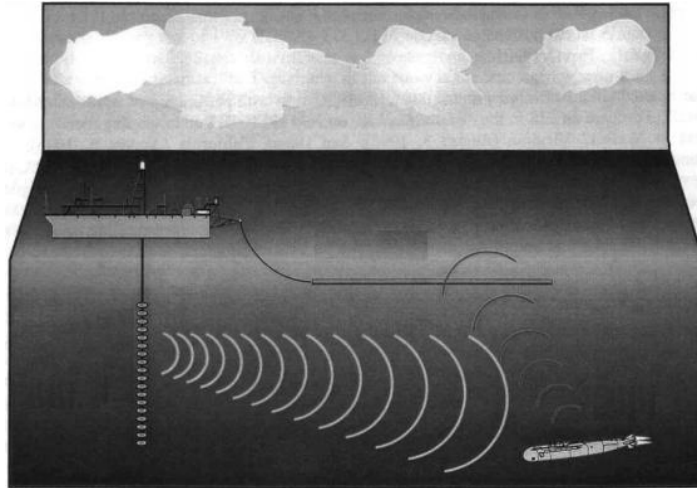


Fig. 1: Imagen esquemática del funcionamiento del SONAR. Sacado de la dirección electrónica <http://tutunui-wananga.blogspot.com.es/2012/02/us-war-game-ops-bold-alligator-dead.html>

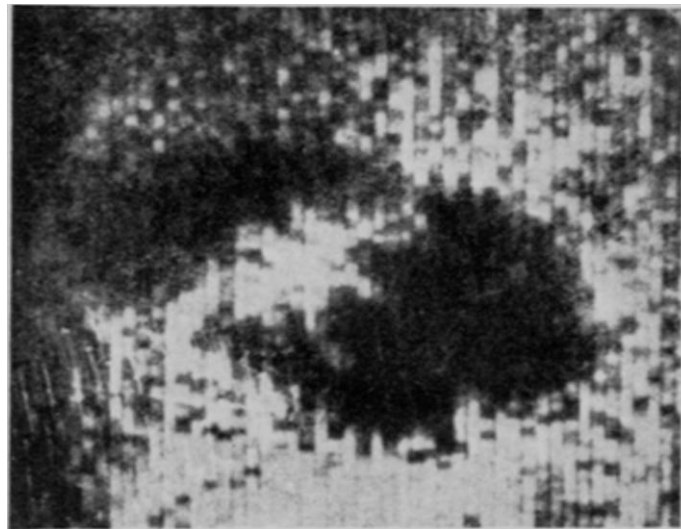


Fig. 2: Imagen obtenida por Dussik, donde se aprecian los ventrículos cerebrales.

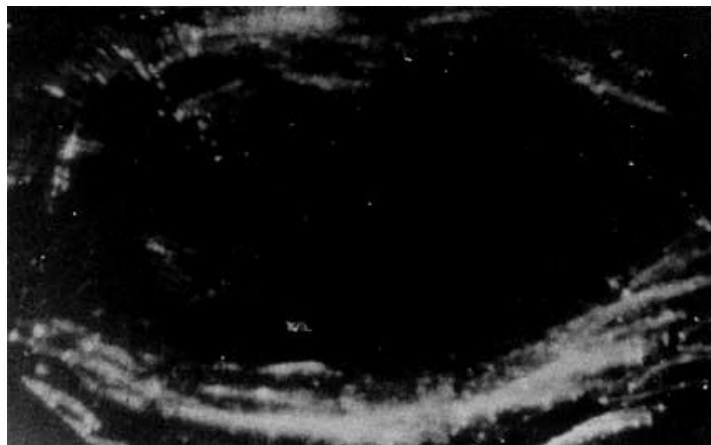


Fig. 3: Imagen publicada por Ian Donald en 1958, donde se aprecia un útero grávido. Sacado de la dirección electrónica http://www.hps.cam.ac.uk/visibleembryos/s7_2.html

Satomura publicó en 1957 el primer estudio sobre los patrones de fluido estudiados con ultrasonidos. Para ello se basó en el denominado efecto Doppler⁸ de las partículas en movimiento. Este descubrimiento revolucionó el mundo de la ecografía.

Desde entonces, la utilización de los ultrasonidos ha experimentado un crecimiento casi exponencial, aplicándose en la actualidad a la mayoría de las disciplinas médicas: ginecología, obstetricia, oftalmología, nefrología, medicina interna, etc. (Fig. 4).

En el campo de la ortopedia, los ultrasonidos se llevan utilizando desde los años 40 del siglo pasado como tratamiento en casos de artritis y artrosis. Desde entonces, su uso ha sido muy extendido como técnica terapéutica, pero la utilización diagnóstica en ortopedia no llegó hasta 1958, cuando Karl Theodore Dussik realizó la primera exploración musculo-esquelética mediante ultrasonidos al valorar la atenuación de los ultrasonidos cuando estos atravesaban cartílagos de diferentes especies animales.

El uso de los ultrasonidos en la articulación del hombro no llegó hasta 1977 cuando Victor Mayer presentó sus resultados en el Instituto Americano de Ultrasonidos, al evaluar los tejidos blandos de la articulación escapulohumeral mediante su visualización con un ecógrafo. Para ello utilizó macacos Rhesus (*Macaca mulatta*) a los que exploró antes y después de introducir solución salina dentro de la articulación. Su trabajo no fue formalmente publicado nunca, pero sus resultados y conclusiones pueden verse en una carta al director de la revista científica *Journal of Ultrasound in Medicine*, en 1985. Desde ese día, se han realizado multitud de estudios y se han publicado resultados muy variables en cuanto al protocolo de examen y a los resultados obtenidos, llegando a establecerse una metodología estandarizada en el examen ecográfico en esta articulación.

En medicina veterinaria se llevan realizando estudios ecográficos en la especie canina desde los años 50 (Fig. 5). En aquella época se utilizaba a los animales en los estudios experimentales en fase preliminar, antes de aplicar ultrasonidos en la especie humana, valorando los posibles efectos negativos de estas ondas en los tejidos biológicos. La primera publicación de diagnóstico veterinario por ultrasonidos data de

⁸ **Efecto doppler:** Efecto causado por emisores de ultrasonidos en movimiento. Variación de la longitud de una onda emitida por un objeto en movimiento.

1966, cuando Ivan L. Lindahl utilizó la ecografía en modo A para determinar la gestación en las ovejas.

Desde entonces, se ha profundizado y avanzado en el estudio ecográfico de la cavidad abdominal y se ha comenzado también a utilizar en otras ramas de la medicina veterinaria como la oftalmología, neumología, endocrinología, cardiología, obstetricia, oncología y otras, hasta llegar al estudio del cerebro en animales de corta edad.

Los ultrasonidos comenzaron a usarse en ortopedia veterinaria como herramienta terapéutica en el año 1969, cuando Nedosekin describió su utilización como tratamiento para caballos en casos de artrosis y artritis.

Sobre el uso de la ecografía como método diagnóstico ortopédico se debe aclarar que los primeros estudios en los cuales se hacía referencia a ecografías en animales, se trata en realidad de estudios de medicina humana, que utilizaban a los caninos como sujetos experimentales. Como primera referencia bibliográfica se encuentra el artículo de medicina veterinaria datado en 1977 en el que el doctor Luk'ianovskiĭ publicó un artículo en una revista soviética en el cual exponía su experiencia con los ultrasonidos y planteaba el posible uso de estos como medio diagnóstico en veterinaria, haciendo especial mención a la traumatología.

Desde entonces, la mayoría de los artículos publicados se dedican al estudio de las especies bovina y equina. Esto se debe en parte a su mayor impacto económico, lo que permite una mayor inversión en investigación en estos campos. Los estudios se centran en su mayoría en los tendones de las extremidades, muy afectados por cojeras.

En la especie canina los artículos publicados acerca del uso de los ultrasonidos en el diagnóstico traumatológico son escasos, datando el primero de ellos de 1983. En este trabajo, Weigel y colaboradores realizaron un estudio de evaluación de la articulación coxofemoral en cachorros mediante los ultrasonidos. La mayoría de los estudios posteriores se centran en la evaluación de las articulaciones coxofemoral y rodilla, sobre todo en exámenes postquirúrgicos.

El primer artículo publicado cuyo tema principal fue la exploración ecográfica del hombro data del año 1999 y fue realizado por Long y Nyland en la Universidad de Davis (California, EE.UU.). En él se realiza una descripción anatómica de la articulación escapulohumeral mediante ecografía. Desde entonces se han publicado escasos artículos que refieran el uso de los ultrasonidos en el estudio de esta articulación, siendo los estudios de animales sanos realmente inexistentes.

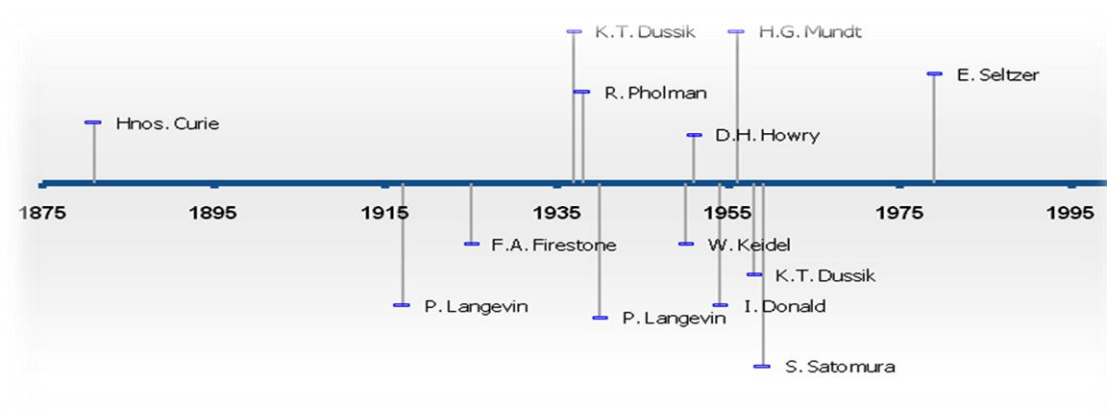


Fig. 4: Evolución histórica del uso de los ultrasonidos. Se aprecia el máximo desarrollo de los ultrasonidos en los años comprendidos entre 1930 a 1960.

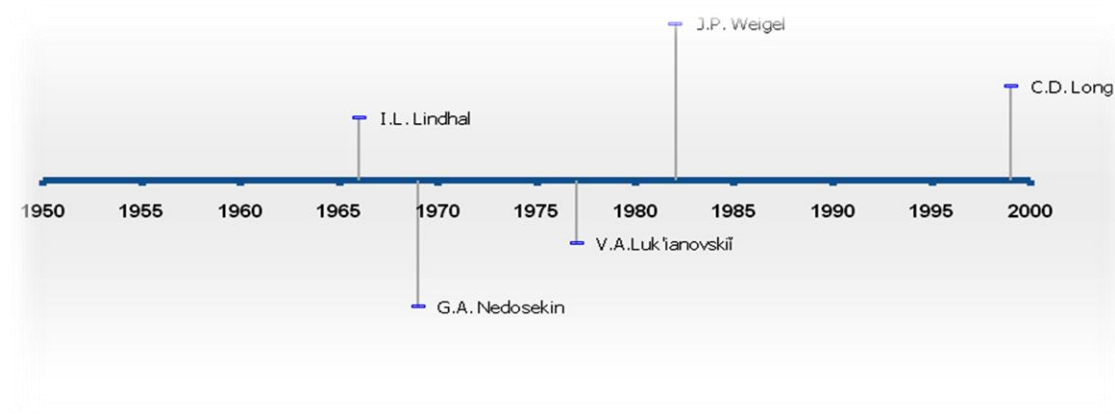


Fig. 5: Evolución histórica del uso de los ultrasonidos en veterinaria.

2.1.2. LOS ULTRASONIDOS

El ultrasonido es una onda acústica o sonora (sonido) cuya frecuencia está por encima del espectro auditivo del oído humano (aproximadamente 20.000 Hz).

El sonido es un fenómeno ondulatorio de naturaleza mecánica y propagación longitudinal que consiste en variaciones de presión que se ejercen sobre un medio elástico, y por lo tanto no se propaga en el vacío. Como todo fenómeno ondulatorio posee características vinculadas a su naturaleza de oscilación y onda, y sufre durante su producción y propagación los efectos que caracterizan a este tipo de fenómeno físico (absorción, reflexión⁹, difracción¹⁰ y efecto Doppler) (Garrido, 1996).

Las ondas son oscilaciones puntuales propagadas en el espacio. La onda posee las siguientes propiedades:

- Frecuencia de onda¹¹.
- Naturaleza.
- Amplitud de onda¹².
- Longitud de onda¹³.

Cuando la unidad de tiempo de la frecuencia de onda es el segundo, la unidad de frecuencia es el Hertzio o Hertz (Hz); es decir que una oscilación que se repite 5 veces en un segundo, tiene una frecuencia de 5 Hz (Fig. 6). La frecuencia está en relación inversa con el período, cuando mayor es éste, menor es la frecuencia (Garrido, 1996).

⁹ **Reflexión:** Fenómeno que se produce cuando una onda encuentra en su recorrido una superficie contra la cual rebota. La onda sigue propagándose en el mismo medio y sus parámetros permanecen inalterados.

¹⁰ **Difracción:** Fenómeno característico de las ondas que se basa en la desviación de estas al encontrar un obstáculo.

¹¹ **Frecuencia de onda:** Número de oscilaciones que se producen en la unidad de tiempo.

¹² **Amplitud de onda:** Desviación máxima de una onda con relación a su valor medio. Al ser una distancia, su unidad internacional es el metro.

¹³ **Longitud de onda:** La longitud de una onda es la distancia entre dos crestas o valles consecutivos y describe cuán larga es la onda. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda. La unidad internacional es el metro, como la de cualquier otra distancia.

En función de su naturaleza, las ondas pueden ser de dos tipos: mecánicas o electromagnéticas. Las primeras no pueden propagarse en el vacío (ausencia de moléculas).

La velocidad de propagación de las ondas mecánicas está condicionada por las características moleculares del medio en el que se propaga. En el caso de las ondas electromagnéticas (luz, ondas de radio, etc.), la velocidad es constante y máxima (300.000 Km/seg) en el vacío pero, dependiendo de su frecuencia, varían ligeramente en otros medios (Garrido, 1996).

Con respecto a la forma de propagación se reconocen dos, conforme la oscilación se realice transversal o paralela a la dirección de propagación. Las primeras reciben el nombre de transversales y las segundas el de longitudinales. El sonido es una onda de naturaleza mecánica que tiene una propagación longitudinal.

La propagación de una onda en un medio es rectilínea, con velocidad uniforme y siempre en el mismo sentido. Estos valores no se mantienen en el caso de una onda que atraviesa diversos medios; variarán en función de los medios atravesados, cuyos límites se conocen como "interfases"¹⁴ (Garrido, 1996).

Las interfases surgen del **Principio de Huygens**, según el cual "todo punto de un medio hasta el cual llega una perturbación se comporta como foco de ondas secundarias" (Fig. 7).

Basado en este principio se explican tres fenómenos que se aplican en el estudio de la ultrasonografía diagnóstica y que tienen que ver con la interfase:

- a) Cuando la superficie de la interfase es menor que la longitud de onda esta sufre un efecto denominado "difracción" que consiste en la deformación del frente de onda¹⁵. En la práctica resulta en una dispersión en los haces enfocados (por ejemplo: haces del transductor ultrasónico).

¹⁴ **Interfase:** Cambio de densidades en las estructuras que componen un organismo y que al paso de los ultrasonidos produce la reflexión de los mismos.

¹⁵ **Frente de onda:** Superficie de onda que se encuentra más alejada del punto de inicio de la vibración, que se forma en cada instante que la onda alcanza puntos de idéntica fase.

b) Cuando la superficie de la interfase es mayor que la longitud de onda, la onda sufre una "*reflexión*", que consiste en el retorno de una onda de las mismas características que la onda incidente en la interfase, cuya dirección queda determinada por el ángulo de incidencia de ésta.

c) Los puntos de la interfase se comportan como emisores secundarios produciendo la perturbación en el otro medio donde la onda se propagará a una velocidad diferente y una resistencia ofrecida por el medio que también será diferente. Esto determina un tercer efecto denominado "*refracción*"¹⁶ que consiste en la desviación del frente de onda al atravesar la interfase (Garrido, 1996).

Cuando la emisión de la onda es intermitente, es decir que porta una cantidad acotada de energía, la propagación de la oscilación tendrá un alcance limitado por ésta, lo que en otras palabras significa que la oscilación perderá amplitud a medida que la onda progresa. Este fenómeno se denomina "*absorción*".

Como consecuencia de los efectos de la absorción, difracción (dispersión) y refracción, la onda pierde intensidad progresivamente hasta desaparecer, fenómeno que se denomina "*atenuación*".

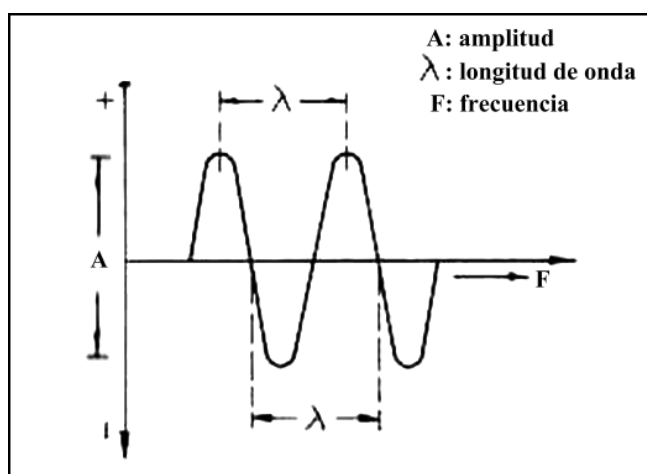


Fig. 6: Representación gráfica de la amplitud, la longitud de onda y la frecuencia.

¹⁶ **Refracción:** Es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad que experimenta la onda.

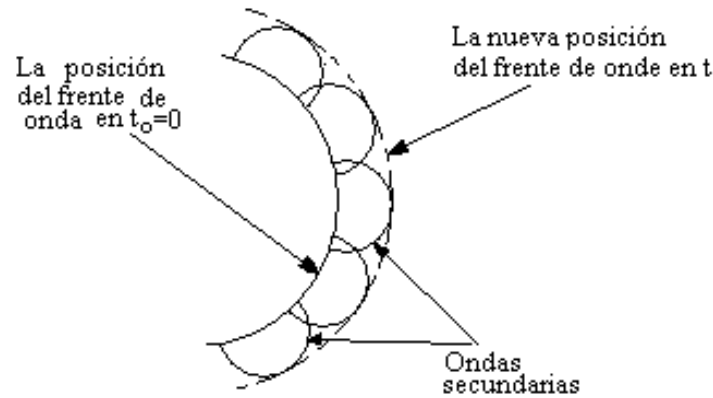


Fig. 7: Esquema gráfico del principio de Fresnel-Huygens. Sacado de la dirección electrónica http://www.fisica.uh.cu/bibvirtual/fisica_aplicada/fisicaIII/images/dib147.gif

2.1.3. GENERACIÓN DE LA IMAGEN ECOGRÁFICA

2.1.3.1. Efecto piezoeléctrico

Cuando se aplica una corriente alterna a un cristal piezoeléctrico se produce su vibración que, al propagarse, adquiere la propiedad de onda mecánica (Perregaux y Ascarelli, 1968). A la inversa, cuando un cristal piezoeléctrico se deforma por efecto de una onda mecánica genera una corriente alterna que puede ser detectada por un equipo electrónico amplificador. Gracias a estas bases se pueden obtener algunas conclusiones:

- El cristal piezoeléctrico puede ser utilizado como un emisor de ultrasonidos, aplicándole una corriente.
- El cristal piezoeléctrico puede ser utilizado como receptor ultrasónico, recibiendo una onda y generando una corriente eléctrica alterna.
- Un mismo cristal piezoeléctrico no puede funcionar como emisor y receptor al mismo tiempo: o emite, o recibe.
- Un mismo cristal piezoeléctrico puede actuar en un momento como emisor y en otro momento como receptor: para ello es necesario disponer de un dispositivo que sea capaz de aplicar corriente en un momento determinado y recibir corriente del cristal en otro momento (Maginness *et al*, 1976).

2.1.3.2. Visión esquemática de un ecógrafo

El ecógrafo obtiene información proveniente del paciente, la procesa y la presenta de diversas maneras según el tipo de estudio que se esté realizando y las preferencias del operador. Tanto para su comunicación con el paciente, como para la que realiza con el examinador existen diferentes vías de comunicación.

A nivel de la comunicación con el paciente, el equipo utiliza como vía un sistema de emisión-recepción de ultrasonidos (transductor), y a nivel del operador, una interfase de entrada consistente en un teclado y otras formas de control (Nyland y Matton, 2004) (Fig. 8).

En una ecografía, el examinador precisa básicamente tres tipos de datos:

- Detectar la presencia de una estructura.
- Conocer la distancia a la que se halla.
- Conocer las características de la estructura (esto significa conocer la intensidad con que refleja el haz ultrasónico).

a) Detección de la estructura

Para que una estructura sea detectada es necesario que forme una interfase con otro medio y que esta interfase sea alcanzada por el haz ultrasónico incidente, porque entonces será posible el fenómeno de reflexión (generación del eco) (Fig. 9). Como regla general se puede decir que la dimensión de la partícula necesaria para ser detectada debe ser mayor que la longitud de onda del ultrasonido.

b) Determinación de la profundidad

El equipo puede determinar el tiempo transcurrido entre la emisión del haz incidente y la recepción del eco¹⁷, ya que la velocidad del ultrasonido en el medio es conocida (Fig. 10). Utilizando los datos de tiempo y velocidad del ultrasonido puede determinarse la distancia que media entre el transductor y la estructura reflectora.

¹⁷ **Eco:** Onda sonora generada por la reflexión de otras ondas del mismo tipo tras un cambio de densidad en el medio transmisor de las mismas.

c) Determinación de la ecogenicidad

La ecogenicidad de una interfase, desde el punto de vista físico, es la relación del eco generado por la interfase con la energía portada por el rayo que incide sobre ella.

La forma de determinar y medir esta energía se basa en que la energía portada por una onda es el producto de su amplitud por su frecuencia (Fig. 11). La frecuencia de la onda ultrasónica es constante para este tipo de estudios, por eso la ecogenicidad se establece en función de la amplitud del eco recibido.

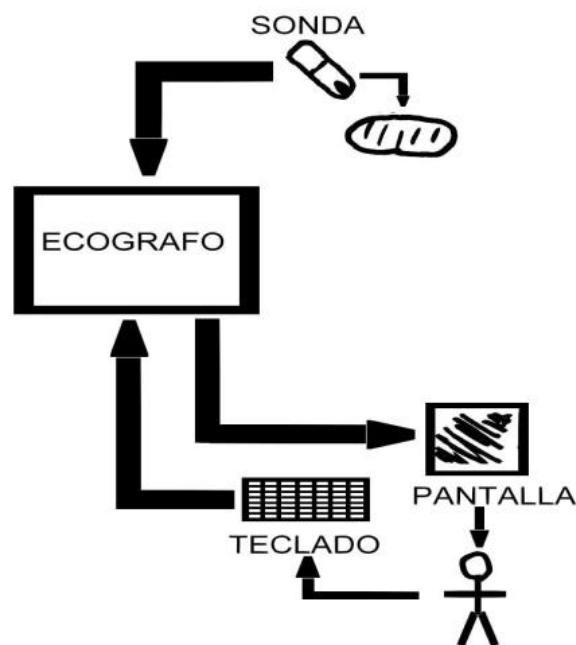


Fig. 8: Representación esquemática de las comunicaciones en un examen ecográfico y el sentido de la información entre las partes.

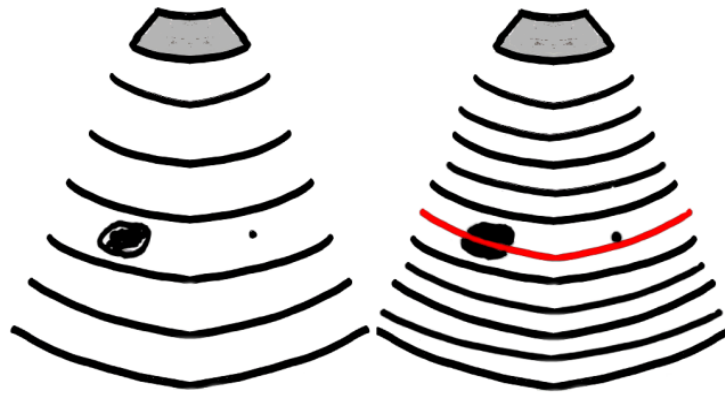


Fig. 9: Esquema de la diferente frecuencia de emisión y su influencia en la ecolocalización. Las estructuras de la izquierda no son captadas porque sus tamaños son menores que la longitud de onda. En la derecha, al aumentar la frecuencia y disminuir la longitud de onda, la estructura mayor es localizada, no así la menor.

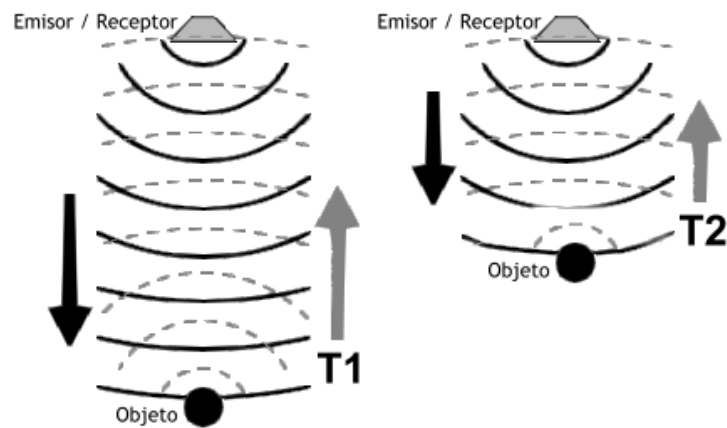


Fig. 10: Esquema representativo de diferentes tiempos de emisión/recepción de señal. T1 es mayor que T2 porque el objeto se encuentra a mayor distancia.

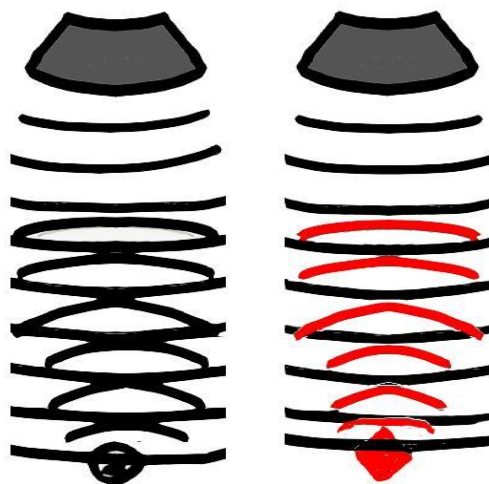


Fig. 11: Esquema de la diferente generación de ecos en función de la naturaleza del objeto. La naturaleza de cada objeto genera un eco diferente, ya que el haz que incide sobre ellos se comporta de diferente manera en ese choque.

2.1.3.3. *Presentación de la información*

Para ofrecer al examinador la información obtenida acerca de las estructuras anatómicas, el equipo utiliza imágenes en un plano. Las imágenes están constituidas por un conjunto de puntos cuya ubicación y luminosidad (tono de gris) están dadas por la posición y ecogenicidad de la interfases detectadas, respectivamente. A modo de resumen, el ultrasonido que llega al transductor trae información de la localización de la interfase y de la naturaleza de la misma. Es el ecógrafo y más concretamente su sistema informático el que traduce esta información y sitúa cada interfase en una posición y con una intensidad de gris en el sonograma¹⁸ (Fig. 12). Esta intensidad del eco que llega es lo que se denomina ecogenicidad y depende de la naturaleza de la interfase originaria del eco.

2.1.4. TIPOS DE IMÁGENES

Las diferentes interfases que se pueden observar en un sonograma no suministran demasiada información si no se ponen en relación con las interfases adyacentes, por lo que para poder valorar la ecogenicidad de una estructura se debe comparar con las estructuras cercanas. En función de cómo sea esa comparación existen diferentes tipos de imagen o estructura (Fig. 13):

- **Anecogénica:** La estructura es tan homogénea que no produce interfases, por lo cual no existe reflexión de los ultrasonidos y el ecógrafo no recibe información de la zona a estudio. Al no recibir información se produce una falta de señal que se representa en el sonograma como una estructura completamente oscura, casi negra. Es típica de los medios líquidos puros o trasudados.
- **Hipoecogénica:** Es la imagen que se produce cuando los ecos vuelven al transductor con una intensidad disminuida y se refleja en el sonograma como diferentes tonos de gris de escaso brillo.

¹⁸ **Sonograma:** Es la representación gráfica de la información recibida por el receptor del ecógrafo.

- **Hiperecogénica:** El eco reflejado trae de vuelta un incremento de intensidad que se refleja en el sonograma como un punto de intensidad con brillo elevado, llegando incluso al blanco.

Estos tres tipos de ecogenicidad dependen de la comparación con las estructuras adyacentes. Una estructura puede ser hipoeicoica, si se compara con otra más ecogénica; pero puede ser hipereicoica, si se compara con una anecogénica. Es esta comparación de ecogenicidades la que informa de la naturaleza de los tejidos o estructuras, ya que en condiciones normales esta ecogenicidad es contraste (Fig. 14). Sin embargo, en determinados procesos patológicos esta ecogenicidad puede variar, aportando información muy útil acerca del estado de la estructura (Jiménez Díaz, 2007; Kealy *et al*, 2010; Nyland y Matton, 2004; Pennick, 2008).

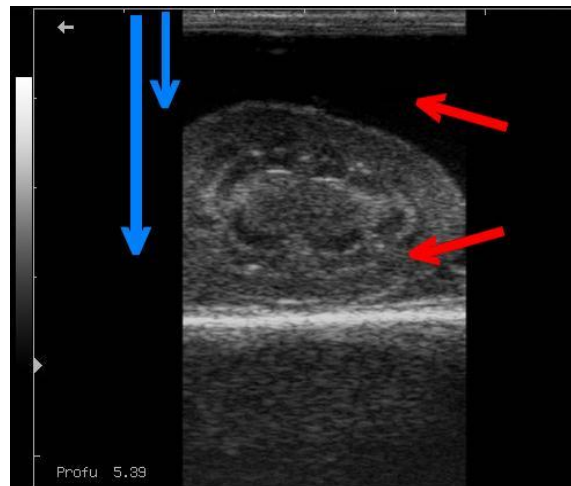


Fig. 12: Imagen ecográfica donde se destaca la diferente profundidad de los ecos obtenidos (flechas azules), y la diferente representación de las ecogenicidades obtenidas (flechas rojas).

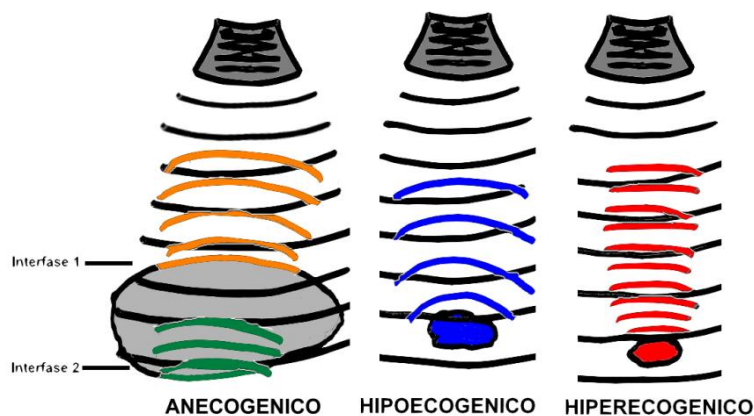


Fig. 13: Representación esquemática de las diferentes ecogenicidades de una estructura en función de su naturaleza.

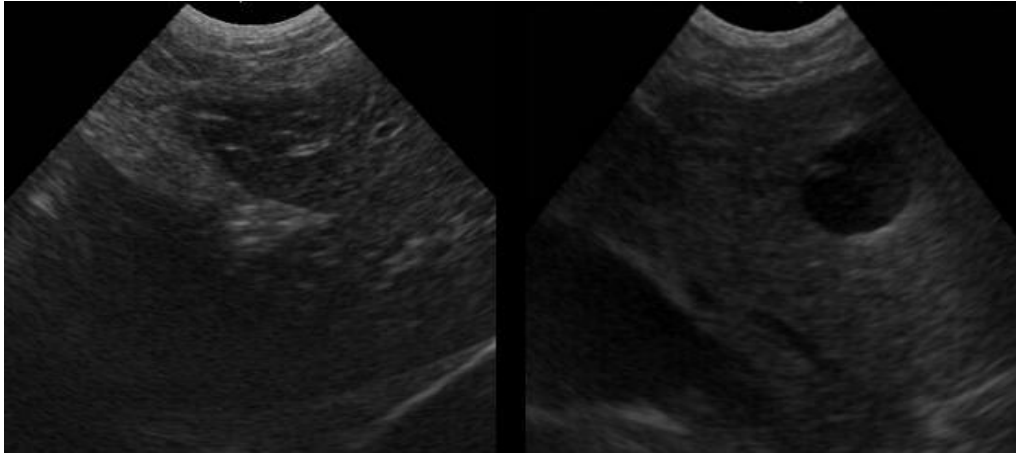


Fig. 14: Imágenes comparativas de dos hígados con ecogenicidades diferentes, hipoeecogénico el izquierdo e isoecogénico el derecho, comparados con la ecogenicidad de la grasa falciforme.

2.1.5. ARTEFACTOS DE LA IMAGEN

Se define como artefacto a aquella imagen que aparece en el sonograma y que no se corresponde con estructuras anatómicas reales (Nyland y Matton, 2004).

Estos artefactos no tienen porque ignorarse o evitarse, sino que pueden ser útiles para evidenciar una lesión o estructura anómala presente durante la exploración. Por ejemplo, puede aparecer un artefacto al realizar la exploración de un tendón y que este artefacto sea debido a la presencia de una calcificación, que sin el artefacto asociado sería difícil de observar. Aun así, la mayoría de los artefactos no son útiles y pueden complicar el diagnóstico. Algunos de ellos pueden deberse a una mala configuración del equipo, por lo que deben ser conocidos, ellos y su origen, para poder evitarlos en la mayor parte posible.

La imagen típica del artefacto se corresponde con una estructura completamente distinta a las de su alrededor y que además impide apreciar las zonas más cercanas a él (Nyland y Matton, 2004; Pennick, 2008). En su mayoría suelen ser estructuras que producen alteraciones en los puntos adyacentes por lo que no pueden ser valorados y suelen aparecer en el sonograma como regiones hiperecoicas o hipoeecoicas, sin que en realidad sean de esta naturaleza (De Candia *et al*, 2003).

A continuación se describen los artefactos existentes en ecografía con sus causas técnicas y su imagen típica en el sonograma:

- **Reverberación.** Se produce cuando el haz de ultrasonidos incide sobre una interfase que separa dos medios de muy diferente impedancia acústica¹⁹, como por ejemplo entre un sólido ecogénico y el gas presente en el tubo digestivo o entre sólido y hueso. La imagen típica de reverberación es la de varias líneas hiperecogénicas paralelas que se repiten distalmente desde la zona de interfase (Fig. 15). Estas líneas representan los múltiples rebotes del eco generado.
- **Refuerzo acústico posterior.** Se produce cuando el ultrasonido atraviesa un medio sin interfases en su interior y pasa a un medio sólido ecogénico. Es casi característica exclusiva de imágenes quísticas en el seno de estructuras sólidas. La imagen ecográfica se corresponde con una intensificación de las estructuras situadas inmediatamente distales a la causa del artefacto (Fig. 16).
- **Sombra acústica.** Se produce cuando el ultrasonido choca con una interfase muy ecogénica y no puede atravesarla, no detectándose ninguna imagen detrás de esta interfase. La imagen típica es la de una línea de interfase reflectante hiperecogénica con una zona hipoecogénica por debajo (Fig. 17).
- **Cola de cometa.** Ocurre cuando el haz de ultrasonidos choca contra una interfase estrecha y muy ecogénica apareciendo detrás de esta interfase una serie de ecos lineales. En el sonograma aparece una banda vertical hiperecogénica asociada a una estructura también hiperecogénica de pequeño tamaño (Fig. 18).
- **Refuerzo lateral.** Se produce en estructuras tubulares o redondeadas y aparece como unas líneas paralelas verticales de naturaleza hipoecogénica a ambos lados de la estructura generadora (Fig. 19).

¹⁹ **Impedancia acústica:** resistencia que opone un medio a las ondas que se propagan sobre este.

- **Imagen especular.** Se produce cuando una interfase muy ecogénica se encuentra delante de una estructura curva de naturaleza similar produciéndose una sobra acústica posterior. Los ecos son reflejados entre ambas interfases y vuelven al transductor con la misma intensidad, pero tardando más tiempo, por lo que el ecógrafo los integra en el sonograma con la misma intensidad pero más distalmente. Se aprecia una repetición de la imagen tras una línea hiperecogénica (Fig. 20). Es la imagen típica del diafragma abdominal (Nyland y Matton, 2004).
- **Anisotropía.** Es la propiedad que tienen algunos tejidos de variar su ecogenicidad dependiendo del ángulo de incidencia del haz ultrasónico sobre ellos. En la exploración en movimiento se aprecia cómo se produce una atenuación o intensificación de los ecos estructurales en función de la posición de la sonda o transductor (Fig. 21). Es típica del tejido tendinoso (Rodríguez y Díaz, 2007).

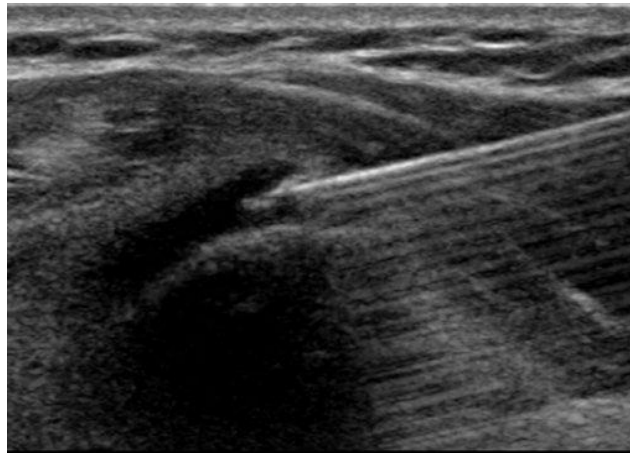


Fig. 15: Reverberación creada por una aguja metálica en un tejido blando. Sacado de la dirección electrónica <http://www.elsevierciencia.com/imagenes/119/119v52n03/grande/119v52n03-13151297fig4.jpg>

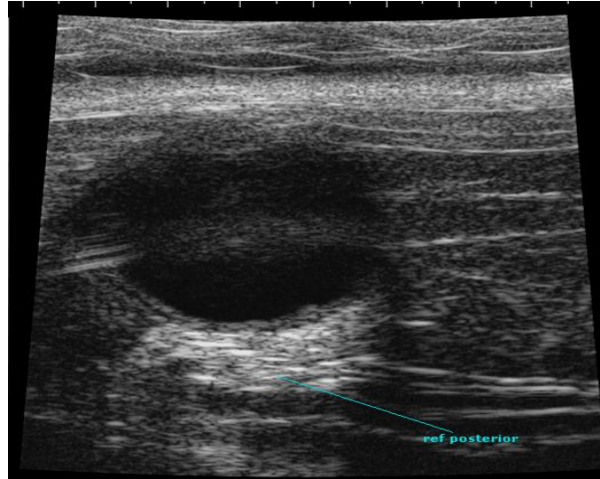


Fig. 16: Refuerzo acústico en vejiga de la orina.



Fig. 17: Sombra acústica por presencia de cálculos biliares.



Fig. 18: Cola de cometa por presencia de gas (flechas blancas). Sacado de la dirección:
<http://apps.acep.org/uploadedImages/ACEP/LibraryItems/04b4375ab678453e8b9c6d191a346e071.jpg>

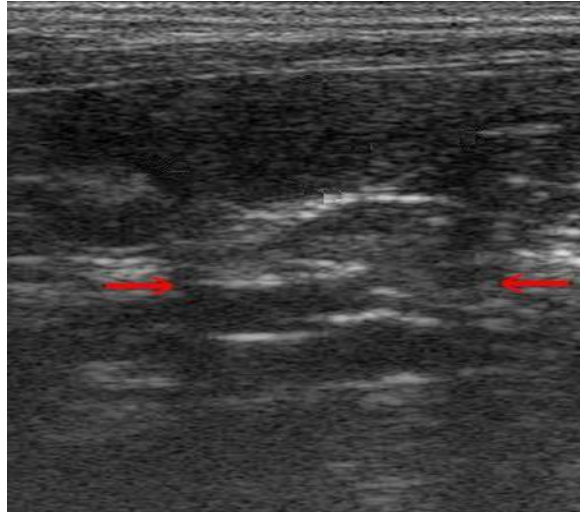


Fig. 19: Refuerzo lateral en testículo abdominal (flechas rojas).

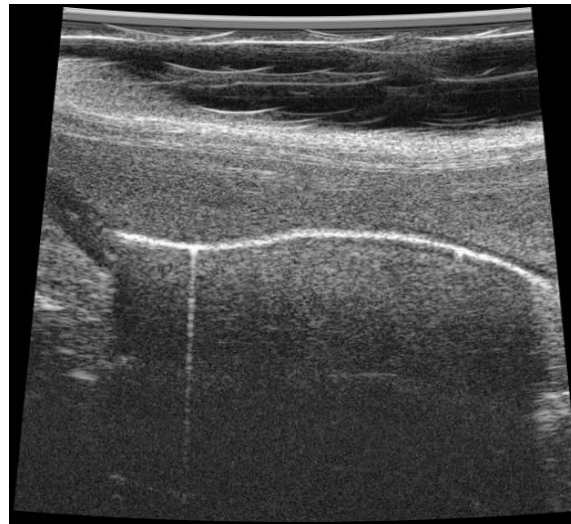


Fig. 20: Imagen especular de hígado en cavidad torácica.

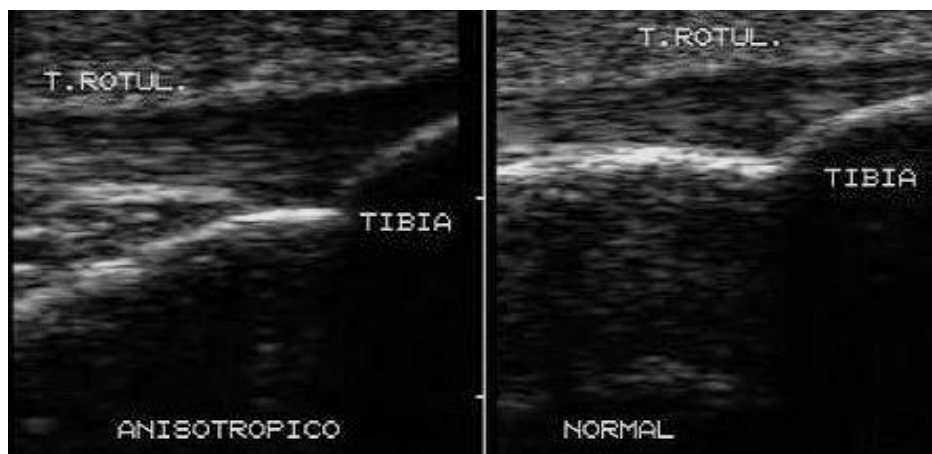


Fig. 21: Efecto de anisotropía en tendón rotuliano. Sacado de la dirección electrónica
<http://galeon.com/medicinadeportiva/images/artefacto06.jpg>

2.1.6. MODOS DE IMAGEN

Existen varios modos de exploración ecográfica en medicina veterinaria:

- **Modo A:** El modo A o modo amplitud es el modo más simple de presentación. El origen de los ecos y la amplitud de los mismos se representan como picos que se originan en una línea base (Fig. 22). El transductor está situado en el comienzo de la línea base.
- **Modo B:** El modo B o modo brillo representa los ecos que regresan como puntos, el brillo o la escala de grises es proporcional a la amplitud de los ecos de regreso y la posición corresponde a la profundidad en la que el eco se origina a lo largo de una línea única desde el transductor (Fig. 23).
- **Modo M:** El modo M o modo movimiento se utiliza en ecocardiografía junto con el modo B para evaluar el corazón. Las representaciones en modo M registran la profundidad en el eje vertical y el tiempo en el eje horizontal (Fig. 24) (Jiménez Díaz, 2007; Kealy *et al*, 2010).
- **Modo eco doppler:** El modo doppler permite evidenciar y caracterizar estructuras con movimiento. Tiene varias variantes, como el doppler color y el doppler pulsado (Fig. 25). El primero informa acerca de la dirección y sentido del movimiento; el segundo no, pero a cambio es mucho más sensible al movimiento, pudiendo detectar señales muy débiles (Jiménez Díaz, 2007; Kealy *et al*, 2010; Nyland y Matton, 2004; Pennick, 2008).

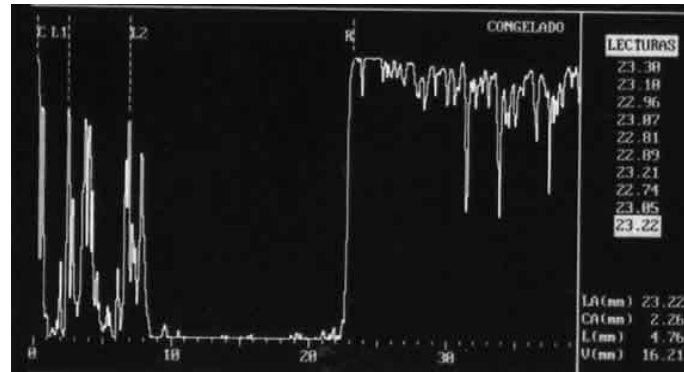


Fig. 22: Imagen en modo A o amplitud. Sacado de la dirección electrónica <http://www.oftalmo.com/secoir/secoir2006/rev06-2/f04-01.jpg>

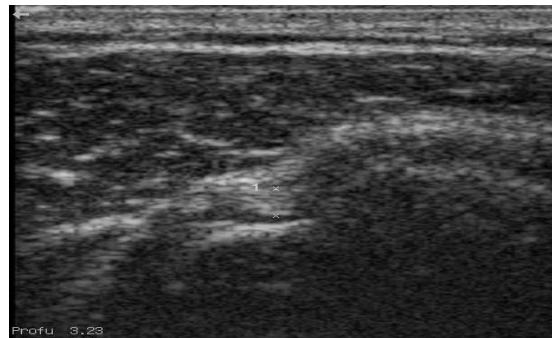


Fig. 23: Imagen en modo B o brillo.

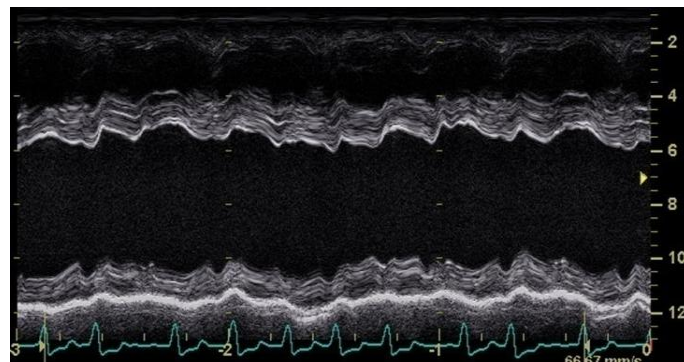


Fig. 24: Imagen en modo M o movimiento. Sacado de la dirección electrónica <http://canadawestvets.com/wp-content/uploads/2010/07/M-mode-Echo.jpg>

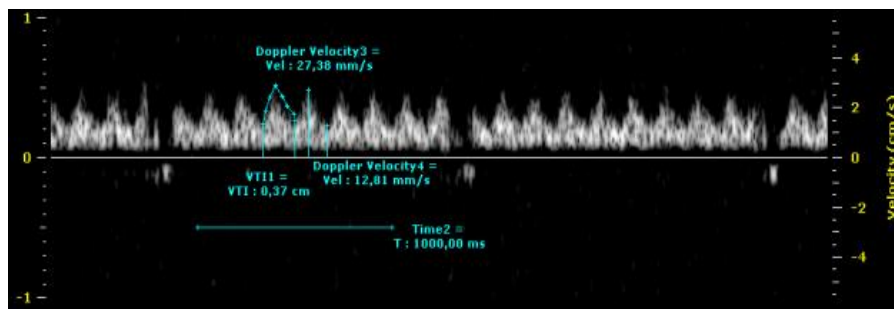


Fig. 25: Imagen en modo doppler pulsado.

2.1.7. TRANSDUCTORES

Los transductores o sondas son la parte más compleja de un ecógrafo. Su función principal es la de generar los ultrasonidos y recibir los ecos reflejados.

Durante la evolución de la ecografía se han desarrollado diferentes tipos de sondas con morfologías muy dispares y localizaciones de los cristales muy variadas. En un principio, los cristales piezoeléctricos eran de cuarzo o de sal de Rochelle. El hidrófono utilizado por Dussik se componía de un mosaico de pequeños cristales de cuarzo unidos entre dos placas de acero con una frecuencia de resonancia de 150 KHz. En la actualidad se utilizan compuestos más complejos como el titano de bario.

Existen diferentes tipos de transductores según su morfología:

- **Lineal:** proporcionan un formato de imagen rectangular (Fig. 26). Al usarse para la exploración de estructuras superficiales las frecuencias de trabajo suelen ser entre 7,5 y 14 MHz, aunque existen sondas de hasta 70 MHz.
- **Sectorial:** proporcionan un formato de imagen triangular o en abanico con una base mínima (Fig. 27). Su frecuencia está entre los 3,5 y los 5 MHz.
- **Convex:** tienen una forma curva y proporcionan un formato de imagen de trapecio (Fig. 28). Las frecuencias de trabajo son las mismas que en las sondas sectoriales.
- **Intracavitarias:** Pueden ser lineales y/o convex (Fig. 29). Se usan para exploraciones esofágicas e intravaginales. Las frecuencias de trabajo suelen ser entre 5 y 7,5 MHz.

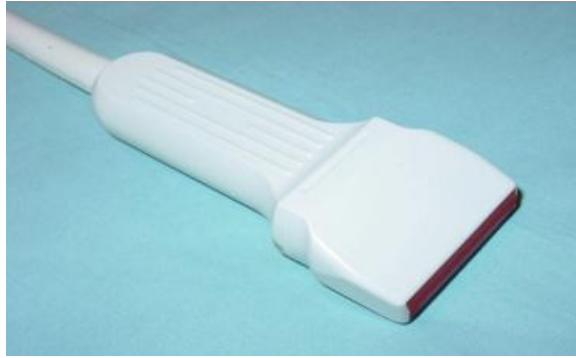


Fig. 26: Sonda lineal. Sacado de la dirección electrónica <http://www.hittecmedical.com>



Fig. 27: Sonda sectorial. Sacado de la dirección electrónica <http://www.hittecmedical.com>



Fig. 28: Sonda convex. Sacado de la dirección electrónica <http://www.hittecmedical.com>



Fig. 29: Sonda intracavitaria. Sacado de la dirección electrónica <http://www.hittecmedical.com>

2.1.8. ESTANDARIZACIÓN DE LA IMAGEN

Los protocolos básicos empleados en ecografía abdominal cambian ligeramente al realizar el estudio del M. supraespinoso. En este tipo de estudios la articulación está en una posición transversal con respecto al cuerpo. Por ello, el M. supraespinoso tiene unas regiones craneal/caudal, y proximal/distal.

Entendiendo esto se obtendrá en el examen una correlación entre lado izquierdo de la pantalla y lado craneal de la articulación en un corte transversal. En un corte longitudinal el lado izquierdo de la pantalla se corresponderá con la parte proximal de la articulación, tras realizar el correspondiente giro de 90° en sentido horario en el transductor (Fig. 30) (Kramer *et al*, 1997; Nyland y Matton, 2004).

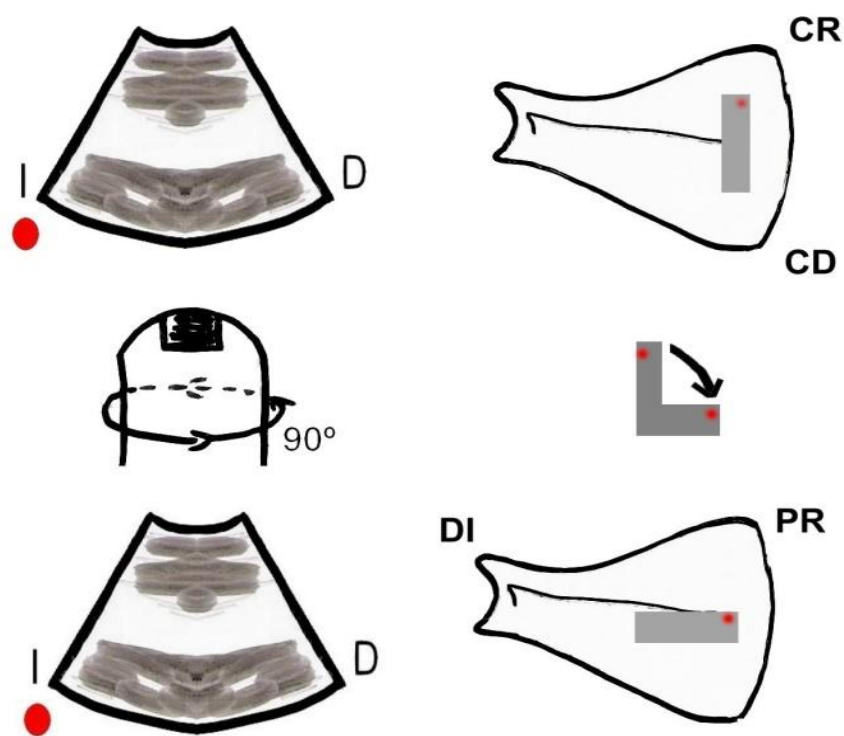


Fig. 30: Representación esquemática del giro del transductor en la exploración del hombro y su representación en el monitor.

2.2. MÚSCULO SUPRAESPINOSO

2.2.1. ANATOMÍA MACROSCÓPICA

El M. supraespinoso (*M. supraspinatus*) ocupa la fosa supraespinosa (*Fossa supraspinata*) y la desborda cranealmente, llegando así a relacionarse con el M. subescapular (*M. subscapularis*). Está cubierto casi completamente por el M. trapecio en su porción torácica (*Pars thoracica del M. trapezius*) y el M. omotransverso (*M. omotransversarius*) (Climent y Bascuas, 1989; Nómima anatómica veterinaria, 2005).

Se origina en la fosa supraespinosa y espina escapular (*Spina scapulae*) y se inserta en la parte craneal del tubérculo mayor humeral (*Pars cranialis del Tuberculum majus humeri*), superando de esta manera la fosa supraespinosa (Done, 2010; Evans, 1993; Laborda *et al*, 2010; Long y Nyland, 1999; Piórek y Adamiak, 2010) (Fig. 31).

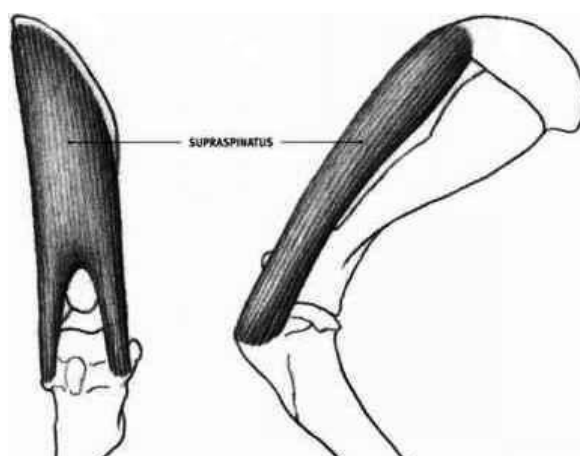
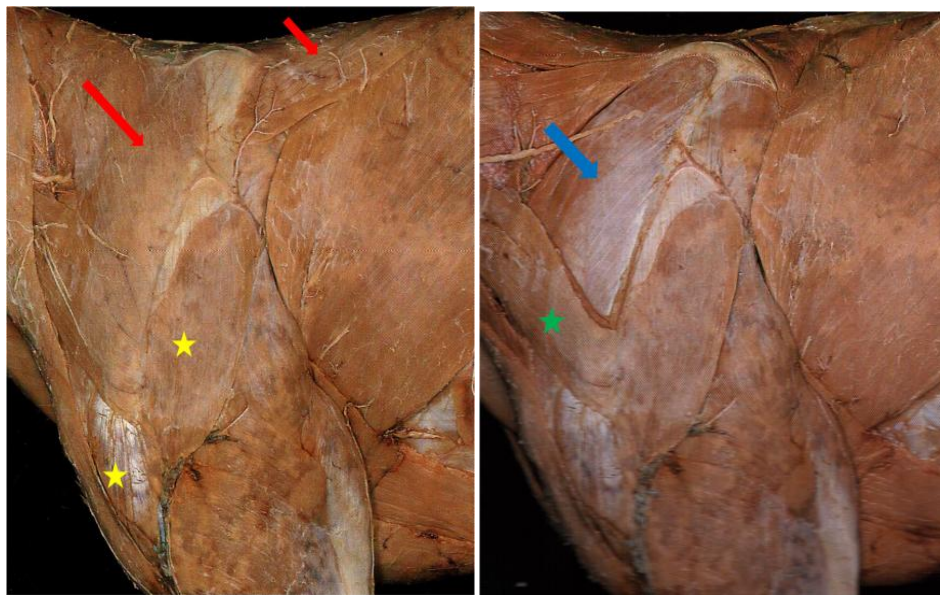


Fig. 31: Esquema detallado de la localización anatómica del M. supraespinoso. Tomado de la dirección electrónica: <http://www.jayespace.com/animal-anatomy/pectoralis-profundus-pectoralis-minor-dog-and-feline.html>

Topográficamente se relaciona con los Mm. deltoides (*M. deltoideus*), infraespinoso (*M. infraspinatus*), redondo menor (*M. teres minor*), redondo mayor (*M. teres major*) y bíceps braquial (*M. biceps braquii*). En cuanto a sus relaciones con la escápula, sobre la que se asienta, se pueden citar la fosa supraespinosa, el acromion (*Acromion*), el margen craneal (*Margo cranialis*) y el ángulo craneal (*Angulus cranialis*) (Nomina anatómica veterinaria, 2005) (Figs. 32 y 33).

Se trata de un músculo más voluminoso que el M. infraespinoso en una proporción relacionada directamente con el desarrollo del tubérculo mayor del húmero (Climent y Bascuas, 1989).



Figs. 32 y 33: Disección seriada de la región del hombro. En la imagen de la izquierda, las flechas rojas señalan el M. trapecio, mientras que las estrellas amarillas marcan el M. deltoides. En la derecha, la flecha azul señala el M. supraespinoso, mientras que la estrella verde marca el M. omotransverso.

Imágenes modificadas del "Atlas en Color de Anatomía Veterinaria" de Done (2010).

El M. supraespinoso posee una apariencia fusiforme (en forma de uso) y en él se diferencian tres partes: tendón de origen, vientre muscular y tendón de inserción (Fig. 34).

El tendón de origen es de tipo aponeurótico, ya que se origina en una superficie muy amplia, por lo que no existe un verdadero tendón con la típica estructura cilíndrica que se observa en la mayoría de los músculos. En cambio se aprecia una adhesión de base amplia y poca altura. Se sitúa en la fosa supraespinosa y espina escapulares, con una superficie de unión hueso-músculo muy amplia.

El cuerpo muscular descansa sobre la fosa supraespinosa escapular (Fig. 35). Se compone de paquetes de fibras musculares que se mantienen unidas entre sí por tejido conectivo. Cada uno de estos paquetes musculares emite en la porción distal una delgada fibra conectiva, que se une a la de los otros paquetes musculares hasta formar el tendón de inserción. Esta distribución de las fibras es similar a la observada por algunos autores en la especie humana (Bodhensteiner y Schochet, 1987; Curtis *et*

al, 2006; Gagey *et al*, 1990; Kim *et al*, 2007; Mochizuki *et al*, 2008; Neumann *et al*, 1992; Ruotolo *et al*, 2004).

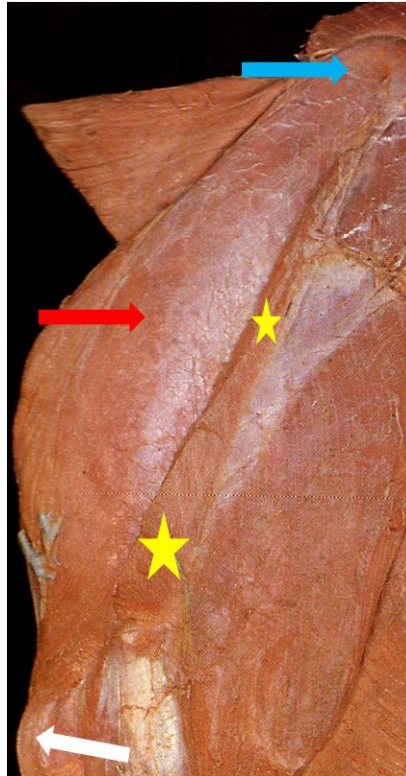


Fig. 34: Imagen de M. supraespinoso, donde se observa su origen (flecha azul), vientre muscular (flecha roja) e inserción (flecha blanca). Adyacente al músculo se aprecia la espina escapular (estrellas amarillas). Imagen modificada del "Atlas en Color de Anatomía Veterinaria" de Done (2010).

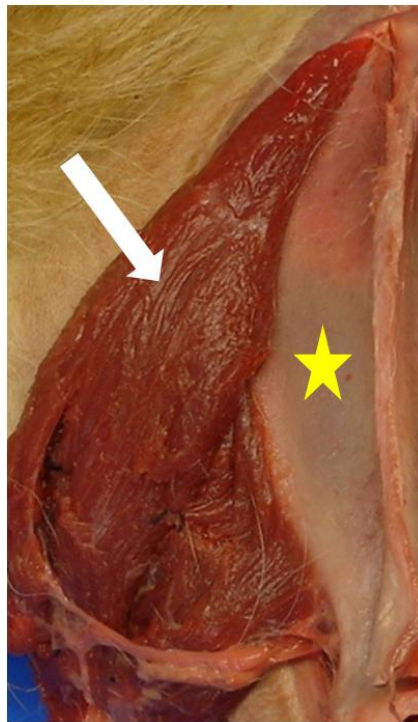


Fig. 35: Imagen del M. supraespinoso desplazado de su posición original (flecha blanca) para poder apreciar la fosa supraespinosa escapular (estrella amarilla).

El tendón de inserción del M. supraespinoso (TSE) se forma a partir de estas pequeñas fibras. Su origen comienza en la zona media del tejido muscular donde su grosor es escaso y distalmente se van uniendo más fibras, aportando mayor volumen al tendón (Evans, 1993). A su salida del tejido muscular su volumen ya es apreciable. Su inserción se localiza en la porción craneal del tubérculo mayor del húmero a través de una unión muy fuerte y corta, en forma de abanico (Fig. 36). Esta descripción es similar a lo que ocurre en la especie humana (Bodensteiner y Schochet, 1987; Curtis *et al*, 2006; Fallon *et al*, 2002; Gagey *et al*, 1990; Hertel y Lambert, 1998; Itoi *et al*, 1994; Kim *et al*, 2007; Kolts, 1992; Kumagai *et al*, 1994; Lohr y Uhthoff, 1990; Mochizuki *et al*, 2008; Neumann *et al*, 1992; Ruotolo *et al*, 2004; Turrin y Cappello, 1997; Vahlensieck *et al*, 1994).

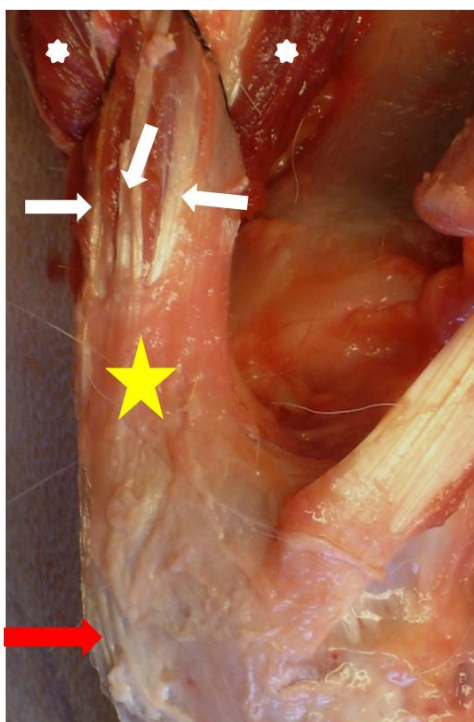


Fig. 36: Imagen del TSE. Los paquetes musculares (asteriscos blancos) finalizan en fibras tendinosas (flechas blancas), que convergen en un tendón común (estrella amarilla), el cual acaba insertándose en la superficie humeral (flecha roja).

2.2.2. ANATOMÍA MICROSCÓPICA

El tejido muscular no presenta microscópicamente ninguna diferencia destacable con respecto a otros músculos fusiformes en la especie humana. En medicina veterinaria no aparecen referencias a particularidades del vientre muscular

del M. supraespinoso. Lo mismo ocurre con el tendón de origen, de tipo aponeurótico en ambas especies.

La bibliografía consultada pone de manifiesto diferencias en la histología del tendón de inserción en la especie humana con respecto a otros tendones del hombro (Adler *et al*, 2008; Berenson *et al*, 1996; Chansky y Iannotti, 1991; Clark y Harryman, 1992; Funk, 2005; Lafuente *et al*, 2009; Riley *et al*, 1994; Sano *et al*, 2006). En estos artículos se teoriza con la posibilidad de que este cambio histológico este detrás de la gran incidencia de patología que presenta el M. supraespinoso, sobre todo su tendón de inserción.

Algo parecido se ha descrito en la especie canina, pero en relación a la composición bioquímica del TSE. Parece existir un cambio en la composición del tejido tendinoso, con una cantidad mayor de colágeno tipo III (Berenson *et al*, 1996; Fan, 1997; Galatz *et al*, 2006, 2007; Kujat, 1990; Muir y Johanson, 1994; Riley *et al*, 1994).

El tendón de inserción en su parte inicial presenta un patrón celular y disposición de fibras de colágeno típicos de un tejido tendinoso. La región adherida al hueso muestra una imagen típica de tejido fibrocartilaginoso (Figs. 37,38 y 39).

La región intermedia del tendón presenta un tejido intermedio pasando por una transición desde el tejido tendinoso al fibrocartilaginoso.

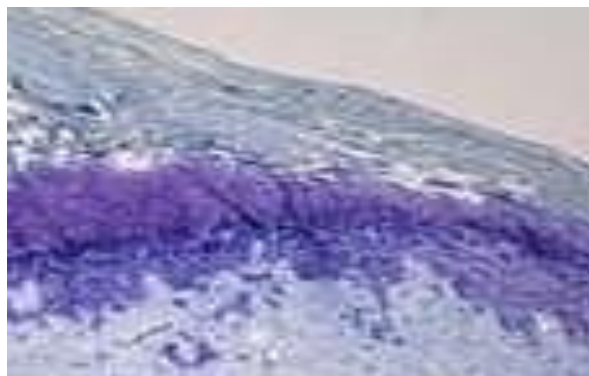


Fig. 37: Imagen histológica de la transición desde tendón a fibrocartílago (Tinción empleada: Tricrómico de Masson). Imagen tomada de la dirección electrónica:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1058274611001157>

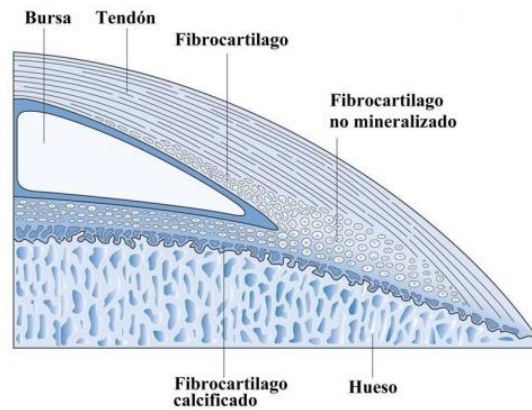


Fig. 38: Esquema aclarativo de la imagen histológica de la figura anterior. Imagen tomada de la dirección electrónica: http://www.medscape.com/viewarticle/758719_4

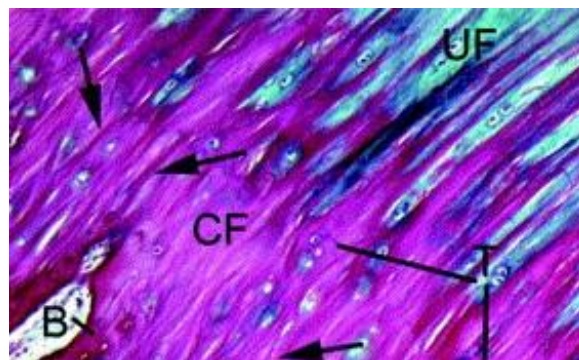


Fig. 39: Imagen histológica de la inserción del TSE mediante una tinción de Tricrómico de Masson. Las fibras de colágeno (flechas) cruzan desde el fibrocartilago no calcificado (UF) al calcificado (CF), adyacente al hueso (B). Imagen tomada de la dirección electrónica: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643302001381>

2.2.3. PATOLOGÍA DEL MÚSCULO SUPRAESPINOSO

La especial anatomía del M. supraespinoso y su localización otorgan a este músculo una notable relevancia como causante de patología o dolor en la articulación del hombro. Los estudios realizados en el pasado revelan la importancia de este músculo, y sobre todo de su tendón de inserción, en la aparición de lesiones ortopédicas en el hombro, así como de procesos degenerativos articulares. Sumadas a las patologías anteriormente descritas para los músculos y tendones, se deben añadir algunas especialmente frecuentes en el M. supraespinoso.

La situación del vientre muscular, asentado sobre la escápula y protegido por la espina escapular, disminuye apreciablemente la aparición de ciertas patologías musculares como pueden ser los traumatismos y contusiones. La característica movilidad de la articulación del hombro (reducida en su componente de

abducción/aducción) disminuye la presencia de lesiones del tipo elongación o rotura muscular. Sin embargo, la continua contracción del músculo para mantener la integridad articular aún en reposo aumenta la presencia de contracturas en la casuística de patología muscular, tanto en el M. supraespinoso como en otros regionales.

En cuanto a los tendones destaca que, debido a su anatomía, la patología del tendón de origen es inexistente, ya que la inserción en origen del vientre muscular se realiza mediante una aponeurosis. En cuanto al TSE se puede descartar la posibilidad de una luxación tendinosa por la presencia del acromion clavicular, que sitúa e inmoviliza el tendón en su lugar correcto.

Atendiendo a estas observaciones, la patología ortopédica que con mayor frecuencia afecta al M. supraespinoso es la tendinopatía por mineralización del tendón de inserción.

- **Calcificación o mineralización del tendón de inserción.** Se trata de la patología del M. supraespinoso más frecuente, tanto en caninos como en seres humanos (Galatz *et al*, 2006; Kriegleder, 1995; Kunkel y Rochat, 2008; Laitinen y Flo, 2000; Marcellin-little *et al*, 2007; Mc Kee y Macías, 2004; Morgan, 1999; Piórek y Adamiak, 2010). En veterinaria no se ha estudiado su etiología, mientras que en medicina humana se utiliza al perro como modelo de experimentación (Potter *et al*, 2007). La teoría científica más aceptada enuncia que la zona de inserción del tendón del M. supraespinoso presenta una mayor facilidad para padecer una hipoxia regional. Esta hipoxia desencadenaría en una falta de vascularización que llevaría asociada la aparición de necrosis tisular y mineralizaciones distróficas (Aoki, 2001; Muir y Johonson, 1994).

Esta hipovascularización regional produciría además un fallo en la cicatrización del tejido, lo que complicaría el cuadro clínico y las posibilidades de curación sin cirugía (Kobayashi, 2006). Por otra parte, la cicatrización es difícil en estas lesiones debido a la separación física de los bordes de la lesión, las tensiones y los movimientos de los mismos (Fukuda, 1996).

La aparición de estudios recientes en medicina veterinaria describiendo la región del TSE como una zona con una mayor presencia de colágeno tipo III invita a sospechar que la etiopatogenia de la mineralización distrófica del supraespinoso en caninos debe tener una gran similitud con la de la especie humana donde se encuentra esta misma proporción de colágeno (Fan, 1997; Flo y Middleton, 1990; Laitinen y Flo, 2000).

Otras patologías del TSE son:

- **Tendinosis.** Puede ser secundaria o no a la mineralización distrófica. Suelen aparecer inflamaciones del tejido tendinoso que conllevan un aumento del volumen del tendón y en la mayoría de los casos una pérdida de la estructura típica del tendón (Fransson *et al*, 2005; Hoskinson y Tucker, 2001; Kunkel y Rochat, 2008; Lafuente *et al*, 2009; Marcellin-little *et al*, 2007; Muir y Johonson, 1994; Piórek y Adamiak, 2010).
- **Rotura tendinosa.** Es el último paso en el proceso de degeneración del tendón. Tras la inflamación crónica del tejido tendinoso y la aparición de necrosis tisular y mineralizaciones que a su vez dañan el tejido tendinoso circundante se produce una rotura parcial o total del tendón, debido a la tensión que soporta esta estructura (Bardet, 2002; Flo y Middleton, 1990; Kriegleder, 1995; Kunkel y Rochat, 2008; Piórek y Adamiak, 2010).
- **Contractura muscular.** Es una patología bastante infrecuente. La realización de ejercicio intenso y constante genera una acidosis tisular que en último término conlleva una contracción involuntaria del músculo. Se produce en un principio dolor y posteriormente, cuando se dañan las fibras nerviosas, incompetencia muscular y alteración en el aplomo de la extremidad (Marcellin-little *et al*, 2007; Kunkel y Rochat, 2008).

3. JUSTIFICACIÓN

3. JUSTIFICACIÓN

La articulación del hombro es una de las regiones del cuerpo del perro con mayor movilidad. La existencia de esta movilidad, y en cierto modo inestabilidad, determina que sea una de las regiones con mayor índice de patología traumática que afecta a los tejidos blandos, a saber tendones, ligamentos y musculatura, todos ellos integradores de la articulación, junto con los huesos escápula y húmero.

Esta inestabilidad propia de la articulación ha sido demostrada en estudios previos en veterinaria en los cuales se teoriza acerca de la inestabilidad como posible causante de patología articular del hombro (Bardet, 1998, 2002; Mc Kee y Macías, 2004; Cogar *et al*, 2008). Debido a su conformación, la mayoría de la patología del hombro afecta en algún modo a sus tejidos blandos, como también ha quedado demostrado en anteriores artículos (Devitt *et al*, 2007; Cogar *et al*, 2008), en los que se describe un porcentaje de afectación de los tejidos blandos cercano al 50% de las cojeras de los miembros anteriores.

En la articulación del hombro, el M. supraespinoso es uno de los que presenta una mayor incidencia de patología propia, sin alteraciones primarias de otras estructuras. En artículos previos ya publicados (Muir y Johonson, 1994; Mc Kee y Macías, 2004; Cogar *et al*, 2008) se obtuvieron unas proporciones del 32%, 11% y 5% del total de patologías descritas, lo que indica la gran importancia del M. supraespinoso dentro de la traumatología del hombro canino. La principal patología que afecta a este músculo es la mineralización de su tendón de inserción, asociada o no a roturas de dicho tendón (Muir y Johonson, 1994; Kriegleder, 1995; Laitinen y Flo, 2000; Bardet, 2002; Mc Kee y Macías, 2004; Cogar *et al*, 2008; Kunkel y Rochat, 2008; Lafuente *et al*, 2009; Piórek y Adamiak, 2010).

Realizando una comparación con la especie humana se produce una situación similar a la descrita en medicina veterinaria. Anatómicamente el manguito rotador se define como una unidad anatomo-fisiológica integrada por los tendones de inserción de los Mm. supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular (Beltran *et al*, 1986; Drakeford *et al*, 1988; Coari *et al*, 1999; Naranjo *et al*, 2002; Iagnocco *et al*, 2003; O'Connor *et al*, 2003; Churchill *et al*, 2004; Fotiadou *et al*, 2007; Kim *et al*,

2007). Este manguito rotador presenta una amplia incidencia de patología de tejido blando, como queda demostrado en artículos científicos publicados (Beltran *et al*, 1986; Coari *et al*, 1999; Iagnocco *et al*, 2003; Fotiadou *et al*, 2007), con porcentajes que van del 50 al 70% del total de las patologías del hombro.

Profundizando en el papel del M. supraespinoso, se puede decir que es el principal causante de la patología que afecta al manguito rotador en la especie humana. En la bibliografía consultada se encuentran evidencias de esta importancia (Beltran *et al*, 1986; Coari *et al*, 1999; Ferrari *et al*, 2002; Naranjo *et al*, 2002; Iagnocco *et al*, 2003; Churchill *et al*, 2004; Kim *et al*, 2007), llegando a ser el M. supraespinoso el origen de la anomalía con porcentajes que oscilan entre el 30% y el 54% del total de patología que afecta al manguito rotador.

Las herramientas de diagnóstico utilizadas en medicina humana y en veterinaria para el estudio del M. supraespinoso son la radiología, la tomografía axial computerizada (TAC), la ecografía y la resonancia magnética (RM). Evidentemente, la disposición de equipos de imagen avanzados en la clínica veterinaria diaria está muy limitada por ahora, por lo que la herramienta diagnóstica más utilizada de manera rutinaria es el estudio radiológico.

En medicina humana se han hecho varios estudios comparativos entre estas herramientas diagnósticas. En la mayoría de ellos, la ecografía y la RM presentan los mejores índices de sensibilidad y especificidad (Drakeford *et al*, 1988; Martín-Hervás *et al*, 2001; Churchill *et al*, 2004; Middleton *et al*, 2004; Ferri *et al*, 2005; Rutten *et al*, 2006; Fotiadou *et al*, 2007; Le Corroller *et al*, 2008). Los valores estadísticos son muy elevados, llegando a una sensibilidad y especificidad del 90-95%, tanto en ecografía como en RM.

Las ventajas principales de la ecografía con respecto a la RM son su rapidez en la obtención de resultados, su bajo coste, su disponibilidad en la mayoría de los centros clínicos y la posibilidad de realizar estudios dinámicos de la articulación (Drakeford *et al*, 1990; Alasaarela *et al*, 1997; Coari *et al*, 1999; Schibany *et al*, 2004; O'Connor *et al*, 2005; Fotiadou *et al*, 2007; Meloni *et al*, 2008). La posibilidad de realizar los estudios dinámicos es una ventaja a tener en cuenta con respecto a otras técnicas diagnósticas. Estos estudios permiten al examinador observar el

comportamiento de los componentes anatómicos de la articulación durante el movimiento normal del hombro, que es en muchos casos el único momento en el cual se produce dolor en la articulación.

Las principales desventajas de la ecografía son la variabilidad de los resultados en función del equipo y la dependencia del operador. Esta última se basa en la directa relación de los resultados obtenidos con los conocimientos técnicos previos del operador (Drakeford *et al*, 1990; Gold *et al*, 1993; Bradley *et al*, 1995; Coari *et al*, 1999; O'Connor *et al*, 2005; Akerblom y Sjöström, 2007; Fotiadou *et al*, 2007). Sin embargo, existe algún estudio científico que demuestra que la variación entre observadores es baja si los examinadores son personal cualificado (Middleton *et al*, 2004).

Este trabajo de tesis doctoral intenta analizar el uso de la ecografía como técnica diagnóstica para su uso en la valoración del M. supraespinoso, componente de la articulación escapulo-humeral y foco de múltiples patologías que derivan en un cuadro clínico de cojera más o menos intensa.

Creemos justificada la realización de este estudio dada su más que posible aplicación práctica en la medicina veterinaria.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

4.1. HIPÓTESIS

El conocimiento de la anatomía del M. supraespinoso y de las bases físicas de la ecografía permite enunciar las siguientes hipótesis de trabajo:

- *"El músculo supraespinoso es visible ecográficamente desde su origen hasta su inserción, pudiéndose diferenciar tres partes: el tendón de origen, el vientre muscular y el tendón de inserción. El tendón de origen no es valorable ecográficamente debido a su naturaleza aponeurótica. En el tendón de inserción se pueden observar dos regiones diferenciadas: el tendón libre y la parte adherida a la superficie ósea humeral".*
- *"Existen diferencias tanto en la ecogenicidad, como en el diámetro entre ambas regiones del tendón de inserción supraespinoso".*
- *"Los factores que pueden afectar al diámetro del tendón de inserción supraespinoso son el peso, la altura, el índice de masa corporal y la edad del animal".*
- *"Los factores que influyen en la ecogenicidad del tendón de inserción supraespinoso serían la edad y el índice de masa corporal. El primero de manera directa y el segundo de manera inversa".*
- *"En presencia de cojera pueden existir cambios tanto en la ecogenicidad, como en el tamaño del tendón de inserción supraespinoso".*

4.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

No existen en la literatura revisada estudios protocolizados en el M. supraespinoso que supongan un punto de partida para la emisión de diagnóstico clínico ecográfico, por tanto una vez conocidas las bases del uso de la ecografía como herramienta de diagnóstico clínico y la anatomía del M. supraespinoso y su patología, los objetivos de este estudio son:

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Redactar un protocolo de exploración ecográfico del M. supraespinoso para ser utilizado en la práctica clínica diaria.
- Describir la anatomía ecográfica del M. supraespinoso en la especie canina.
- Realizar mediciones del diámetro del TSE y obtener unos valores de referencia para su posterior uso en la práctica clínica diaria.
- Medir la ecogenicidad de las diferentes regiones del TSE y analizar la diferencia de ecogenicidad entre estas regiones.
- Estudiar la influencia de los diferentes factores estudiados sobre los valores obtenidos, tanto el diámetro como la ecogenicidad tendinosa.
- Obtener diferentes fórmulas numéricas de predicción de las dimensiones del TSE en función de cada factor de influencia.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. MATERIAL

5.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO

5.1.1.1. Tamaño de muestra y análisis estadístico de la misma

Durante la realización de este estudio de tesis doctoral se han llevado a cabo exámenes ecográficos a 44 perros, con un total de 88 Mm. supraespinosos analizados. Todos los perros estudiados fueron pacientes que acudieron a la clínica veterinaria "Mi Mascota" por motivos no ortopédicos y a los que se les realizó, bajo consentimiento explícito del propietario, la exploración ecográfica de la articulación del hombro (Casos 1 al 44) (Tabla nº 1). Durante la realización de estos estudios se siguieron las directrices del Comité de Ética de la Universidad Complutense de Madrid.

A cuatro de estos animales se les realizó una disección anatómica de ambos hombros tras su eutanasia por motivos ajenos a este estudio. Esta disección sirvió para comparar los resultados ecográficos obtenidos con la anatomía macroscópica. Durante la misma se tomaron muestras del TSE para la realización de estudios histológicos.

También se realizaron estudios de 29 pacientes con patología musculoesquelética en la extremidad anterior (Casos 45 al 73) (Tabla nº 2). Estos pacientes no sanos eran remitidos al Servicio de Ecografía del Hospital Clínico Veterinario Complutense de la Facultad de Veterinaria de Madrid para el estudio de la articulación del hombro. Sus mediciones no se tuvieron en cuenta a la hora de realizar los estudios estadísticos y obtener unas medidas normales del TSE, y sólo se analizaron para su comparación con los datos obtenidos en los pacientes teóricamente sanos y poder discernir si la cojera produce alteraciones de las dimensiones o cambios en la ecogenicidad del tendón.

Número	RAZA	EDAD (años)	PESO (Kg.)	ALTURA (cm.)	IMC (Kg/cm ²)	SEXO	COJ
1	Mestizo	10	61	75	0,010844444	M	No
2	Pastor Alemán	12	40	60	0,011111111	M	No
3	Bobtail	14	38	70	0,007755102	M	No
4	Pastor de Brie	13	34	67	0,00757407	H	No
5	Cocker Spaniel	14	14	39	0,009204471	H	No
6	Mestizo	9	7	45	0,00345679	M	No
7	Siberian Husky	11	34	59	0,009767308	M	No
8	Siberian Husky X	13	38	68	0,008217993	M	No
9	Fox terrier	14	15	39	0,009861933	M	No
10	Mestizo	15	14	50	0,0056	H	No
11	Fox terrier	17	17	29	0,020214031	M	No
12	Pastor Alemán	11	36	57	0,011080332	M	No
13	Mestizo	10	11	22	0,022727273	H	No
14	Mestizo	11	8	24	0,013888889	H	No
15	Fox terrier	17	15	30	0,016666667	M	No
16	Mestizo	14	42	66	0,009641873	M	No
17	Mestizo	15	14	50	0,0056	H	No
18	Mestizo	11	20	27	0,027434842	H	No
19	Teckel	11	16	40	0,01	H	No
20	Bóxer X	12	36	55	0,011900826	M	No
21	Labrador X	11	30	55	0,009917355	H	No
22	Caniche X	14	8	38	0,005540166	M	No
23	Caniche X	16	9	35	0,007346939	H	No
24	Labrador Ret.	8	32	48	0,013888889	M	No
25	Cocker Spaniel	13	16	40	0,01	M	No
26	Shit-Tzu	10	9	28	0,011479592	M	No
27	Cocker Spaniel	12	12	38	0,008310249	M	No
28	Pastor Alemán	12	37	55	0,012231405	H	No
29	Pointer	14	26	63	0,006550768	M	No
30	Pastor Catalán	13	42	49	0,017492711	M	No
31	Mestizo	9	7	32	0,006835938	M	No
32	Shit-Tzu	9	6	23	0,011342155	H	No
33	Cocker Spaniel	12	17	40	0,010625	M	No
34	Pointer	10	23	64	0,005615234	M	No
35	Caniche	16	6	33	0,005509642	M	No
36	Scottish Terrier	10	10	35	0,008163265	M	No
37	Pastor Alemán	11	39	60	0,010833333	M	No
38	Mastín Español	13	60	75	0,010666667	M	No
39	Pastor Alemán	13	40	58	0,011890606	H	No
40	West H. W. T.	10	15	28	0,019132653	M	No
41	Cocker Spaniel	14	11	38	0,007617729	M	No
42	Cocker Spaniel	10	35	49	0,014577259	M	No
43	Cocker Spaniel	10	13	40	0,008125	M	No
44	Caniche	14	9	35	0,007346939	M	No

Tabla nº 1: Datos de animales clínicamente sanos.

Animales procedentes de la Clínica Veterinaria "Mi Mascota". COJ: Presencia o no de cojera.

Número	RAZA	EDAD (años)	PESO (Kg.)	ALTURA (cm.)	IMC (Kg/cm ²)	SEXO	COJ
45	Rottweiler	12	49	65	0,011597633	M	Si
46	Bretón	9	16	48	0,006944444	M	Si
47	Cocker Spaniel	3	14	38	0,009695291	M	Si
48	Mestizo	2	25	48	0,010850694	M	Si
49	Pitt Bull	9	27	45	0,013333333	M	Si
50	Pastor Alemán	3	37	55	0,012231405	M	Si
51	Mestizo	3	6	35	0,004897959	M	Si
52	Dogo Burdeos	2	55	72	0,010609568	M	Si
53	Labrador Ret.	6	38	56	0,012117347	M	Si
54	Setter Irlandés	8	32	58	0,009512485	M	Si
55	Labrador Ret.	5	40	56	0,012755102	M	Si
56	Mestizo	9	37	46	0,017485822	H	Si
57	Labrador Ret.	7	36	58	0,010701546	M	Si
58	Fox terrier	14	8	35	0,006530612	M	Si
59	Pointer	4	28	60	0,007777778	H	Si
60	Bóxer	6	40	58	0,011890606	H	Si
61	Mestizo	2	34	48	0,014756944	M	Si
62	Bóxer	8	42	57	0,012927054	M	Si
63	Bulldog inglés	7	26	34	0,022491349	M	Si
64	Mastín	2	32	56	0,010204082	M	Si
65	Labrador Ret.	7	41	48	0,017795139	M	Si
66	Labrador Ret.	6	29	36	0,022376543	H	Si
67	Bóxer	5	41	75	0,007288889	M	Si
68	Labrador Ret.	4	27	48	0,01171875	H	Si
69	Labrador Ret.	10	38	66	0,0087236	M	Si
70	Labrador Ret.	6	36	55	0,011900826	M	Si
71	Labrador Ret.	6	41	55	0,013553719	M	Si
72	Mestizo	5	22	45	0,010864198	M	Si
73	Pastor Alemán	1	33	52	0,012204142	M	Si

Tabla nº 2: Datos de animales con cojera de miembro anterior.
Animales procedentes del Servicio de Ecografía del Hospital Clínico Veterinario Complutense de la Facultad de Veterinaria de Madrid. COJ: Presencia o no de cojera.

5.1.1.2. Variables a analizar y clasificación de las mismas

Las variables estudiadas en este trabajo han sido seleccionadas en función de su posible influencia en el tamaño del TSE, en base a nuestro conocimiento y a la bibliografía médica humana y veterinaria (Cherdchutham *et al*, 1999; De Zwart y Frings-Dresen, 2001; Hart *et al*, 1998; Neumann *et al*, 1992; Schibany *et al*, 2004; Sofka *et al*, 2004; Strobel *et al*, 2004; Tipton *et al*, 1975; Williams *et al*, 2009; Ziegler, 2004). Las variables a estudiar son las siguientes:

- Sexo.
- Altura a la cruz.
- Peso vivo.
- Edad.
- Índice de masa corporal (IMC).
- Presencia o no de cojera en las extremidades anteriores.

En los estudios llevados a cabo en la especie humana existe una variable más, la extremidad dominante, pero en la especie canina no se tiene referencia alguna de que exista una extremidad que se pueda definir como dominante o más utilizada por parte del animal (Magnusson *et al*, 1994).

Estas variables pueden clasificarse en función de su naturaleza en discretas y continuas. Las variables discretas se componen de valores con límite, con separación inherente entre valores observables sucesivos. Las variables continuas no presentan límites en sus diferentes valores, dos valores potenciales siempre tendrán un valor potencial en medio. Las variables continuas nunca tienen una medida exacta, siempre existe un error de medida, normalmente asociado a la exactitud de la herramienta de medida.

Las variables discretas de este estudio son:

- Sexo (macho/hembra).
- Presencia de cojera (si/no).

Las variables continuas, por contra, son:

- Altura a la cruz.
- Peso.
- Edad.
- Índice de masa corporal (IMC).

Las variables continuas anteriores son de naturaleza numérica.

Las variables discretas son fáciles de analizar, ya que se pueden hacer grupos en función de los posibles valores a tomar por la variable y compararlos entre ellos. Sin embargo, las variables continuas presentan el inconveniente de la situación de los límites para clasificar en grupos que luego se comparen. En estos casos se ha optado, aparte de clasificar en diferentes grupos en función de la bibliografía consultada, en realizar análisis de correlación con los diferentes valores de cada variable sin agrupar. De ambas maneras, por grupos o con datos sueltos, se han analizado las diferentes variables continuas de este estudio.

5.1.2. MATERIAL EMPLEADO EN EL DIAGNÓSTICO ECOGRÁFICO

5.1.2.1. Ecógrafos

Durante la realización de este estudio se han empleado 2 ecógrafos diferentes:

- Philips SD800 (Philips International B.V., Amstelplein 2 1096 BC Amsterdam, Holanda) (Fig. 40).
- Mindray DP 6600 vet (Mindray Bio-medical Electronics, High-tech Industrial Park, Nanshan, Shenzhen 518057, República Popular China) (Fig. 41).



Figs. 40 y 41: Ecógrafos Philips SD800 (imagen de la izquierda) y Mindray DP 6600 (imagen de la derecha).

5.1.2.2. Sondas

En la totalidad de los casos se utilizaron las sondas lineales de mayor frecuencia y menor penetración, ya que el objetivo de este trabajo se localizaba en una posición superficial. Las sondas lineales empleadas fueron los modelos 21302A de Philips (Fig.42) y 75L60EA de Mindray (Fig. 43). Los estudios en medicina humana recomiendan este tipo de sondas para el examen del M. supraespinoso (Van Holsbeek *et al*, 1995).



Figs. 42 y 43: Transductores utilizados en el ecógrafo Philips (imagen de la izquierda) y Mindray (imagen de la derecha).

5.1.2.3. Impresoras

Se utilizó una impresora térmica para obtener imágenes en papel de las mediciones realizadas. La impresora empleada era el modelo el P93 de la marca Mitsubishi (Mitsubishi Electric Corporation Tokyo Building, 2-7-3, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8310, Japón) (Fig.44). El papel térmico era el modelo V (UPP-110 HG) de la marca Sony (Sony Corp. 1-7-1 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-0075, Japón).

5.1.2.4. Grabador DVD

Las exploraciones más destacadas o que presentaban alguna patología fueron registradas en formato video digital mediante una grabadora de DVD Philips modelo r75 (Philips International B.V., Amstelplein 2 1096 BC Amsterdam, Holanda). Esta grabadora estaba asociada con el ecógrafo Philips mencionado anteriormente. El

ecógrafo Mindray grababa las exploraciones en disco de memoria interno y luego se descargaban a una memoria externa tipo pendrive, marca Scandisk (Scandisk Unit 100, Lakeside Drive Airside Business park Swords, Co. Dublin, Irlanda) para su almacenamiento y procesamiento posterior en el ordenador de mesa.



Fig. 44: Impresora utilizada en la elaboración de los estudios.

5.1.3. MATERIAL ANESTÉSICO

Por lo general no fue necesaria la sedación o inmovilización química en el estudio, salvo en los casos de animales agresivos o muy nerviosos.

Los fármacos anestésicos utilizados siempre fueron destinados para que el paciente se encontrara en todo momento en un plano de sedación adecuado. Los fármacos empleados en este estudio fueron:

- Medetomidina clorhidrato (Domtor[®], Pfizer, 235 East 42nd Street NY, New York 10017, EE.UU.).
- Atipamezol (Antisedan[®], Pfizer). Revierte el efecto de la medetomidina. La concentración del medicamento es de 1,0 mg/ml.
- Acepromacina maleato (Calmo[®], Pfizer), concentrado al 0,5%.
- Butorfanol (Torbugesic[®], Fortdodge Ltd. Wyeth 5 Giralda Farms Madison, New Jersey 07940, EE.UU.), con una concentración de 10 mg/ml.

- Midazolam (Dormicum[®], Roche, Roche Farma S.A., Eucalipto, 33, 28016 Madrid, España), con una concentración de 1 mg/ml.
- Atropina sulfato (Atropina[®], B. Braun Medical 824 Twelfth Avenue Bethlehem, PA 18018, EE.UU.), concentrado al 1%.

5.1.4. MATERIAL EMPLEADO EN LA PREPARACIÓN DEL CAMPO

El material empleado en la preparación del campo fue:

5.1.4.1. Peladora

El rasurado de la zona a explorar es necesario para un estudio óptimo. En todos los casos se utilizaron peladoras de marca Oster (Jarden Corporation, Corporate Trust, 4100 West 150th Street 3rd Floor, Locator 5352 Cleveland, EE.UU), modelo Golden A5 y cuchillas de la marca Oster, modelo CryogenX de 0,5 mm para un rasurado de tipo quirúrgico.

5.1.4.2. Gel de ecografía

El gel utilizado en el estudio es el Kendall Meditec (Tyco Healthcare Covidien, 15 Hampshire Street Mansfield, Massachusetts, EE.UU). La función del gel en los estudios ecográficos es la de aumentar la superficie de contacto entre la piel y el transductor, mejorando en gran medida la calidad del estudio.

5.1.4.3. Alcohol

En el estudio se empleó alcohol 96º (Laboratorios Montplet, S.A., Perelló, 21, 08005 Barcelona, España). Su función principal es limpiar la zona de examen antes de aplicar el gel ecográfico. Facilita la eliminación de partículas que pueden producir artefactos en la imagen.

5.1.4.4. Otros

También se utilizaron gasas no estériles para limpiar el alcohol aplicado, y bobinas de papel para quitar el pelo rasurado y limpiar la piel de gel ecográfico una vez terminado el estudio.

Únicamente en los animales que necesitaron relajación o sedación se empleó material básico como pudo ser jeringas de 2 ml y agujas, mayoritariamente de calibre 23G. No fue necesaria la utilización de otro material de tipo fungible.

5.1.5. MATERIAL EUTANÁSICO

En los animales eutanasiados para la realización de la disección anatómica se utilizó pentobarbital sódico al 20% (Dolethal®, Vetoquinol S.A. 70204 Lure, Cedex, Francia).

5.1.6. PROGRAMAS INFORMÁTICOS

Para el estudio de las imágenes obtenidas en los exámenes y para el análisis estadístico de los datos ha sido necesaria la utilización de dos programas informáticos:

- ImageJ: Programa de tratamiento de imágenes creado por el *National Institutes of Health* (EE.UU.).
- Sigmaplot®: Programa de análisis estadístico (Versión 12.0) creado por Systat Software Inc.

Ambos son gratuitos y se descargaron directamente de las páginas web de los desarrolladores:

- <http://rsb.info.nih.gov/ij/>
- <http://www.sigmaplot.com/downloads/trial/sigmaplot-trial.php>

5.2. MÉTODOS

5.2.1. PROTOCOLO GENERAL

El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Complutense de Madrid.

Para la realización del estudio, se diseñó el siguiente protocolo de trabajo:

1. Conformidad por parte del propietario para la elaboración del estudio.
2. Realización de anamnesis: datos acerca de cojeras previas en miembro anterior, medidas de la altura y peso del animal.
3. Cumplimentación de la tabla de datos, rellenando los campos de edad, sexo, peso, altura, presencia de cojera.
4. Preparación del campo. Rasurado de ambos hombros, limpieza con alcohol y aplicación de gel.
5. Realización del estudio ecográfico en ambos hombros. Grabado en disco de las imágenes más significativas. Rellenado de los datos acerca de las medidas obtenidas en la tabla de datos.
6. Fin del estudio ecográfico y limpieza del animal.
7. Paso de los datos obtenidos y de las imágenes grabadas a la estación de trabajo.
8. Análisis de los datos y tratamiento de las imágenes con los programas informáticos necesarios.
9. Tras realizar todos los estudios, análisis estadístico de los datos y obtención de resultados.

5.2.2. SELECCIÓN DEL PACIENTE Y RECOGIDA DE DATOS

El estudio se realizó tanto en los animales con signos de patología musculoesquelética en el miembro anterior, como en los que no la presentaban y acudían a realizar un estudio ecográfico de otra naturaleza. La participación en este estudio se realizó previa información a los propietarios y de forma voluntaria. A todos los propietarios se les solicitó un consentimiento informado.

A los propietarios de estos pacientes "sanos" se les preguntó si los animales habían sufrido alguna vez algún signo o síntoma de patología musculoesquelética en el tercio anterior. Si la respuesta era afirmativa, no se realizaba el estudio, para evitar en la manera de lo posible interferencias de patologías previas en los resultados de las medidas de los animales teóricamente sanos.

Antes de realizar el examen ecográfico se procedió a recoger los datos del animal que serían utilizados posteriormente en el análisis estadístico: raza, edad, peso, altura a la cruz, sexo y la presencia o no de cojera. Tras ello se procedió a realizar la ecografía.

5.2.3. MÉTODO DEL ESTUDIO ECOGRÁFICO

En este apartado se describe la metodología empleada en la realización del estudio ecográfico. El protocolo fue similar en todos los animales. Los procedimientos se llevaron a cabo en el Servicio de Diagnóstico por Imagen del Hospital Clínico Veterinario Complutense de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid (casos de animales con cojera) y en la clínica veterinaria "Mi Mascota" (pacientes teóricamente sanos).

5.2.3.1. Método anestésico

La sedación se empleó sólo en aquellos casos en los que el estudio ecográfico se realizó en animales agresivos o muy nerviosos.

Los protocolos anestésicos empleados son los habituales en la clínica de pequeños animales. Son bastante sencillos y se aplican en función del estado del paciente y de los procedimientos posteriores a los cuales se le van a someter al paciente. Los protocolos más utilizados fueron los siguientes:

- Combinación de medetomidina, butorfanol y atipamezol. En primer lugar se aplica medetomidina y butorfanol, y al acabar el estudio se administra atipamezol para revertir la sedación. Las dosis empleadas fueron:

- Medetomidina clorhidrato: 0,05 mg/kg, vía IM ó IV.
 - Butorfanol: 0,25 mg/kg vía IM.
 - Atipamezol: Se administra la misma dosis que la medetomidina por vía IM.
- Combinación de acepromacina, midazolam y atropina. Se emplea en animales con algún problema previo que no recomiende la utilización del protocolo anterior (Por ejemplo, pacientes con insuficiencia cardiaca congestiva, insuficiencia pulmonar, etc.....). Las dosis empleadas fueron:
- Acepromacina maleato: 0,05 mg/kg vía IM.
 - Midazolam: 0,03 mg/kg vía IV ó IM.
 - Atropina sulfato: 0,04 mg/kg vía SC.

5.2.3.2. Método ecográfico

a) Posicionamiento del animal y preparación del campo.

La ecografía del hombro en los perros comenzó colocando al animal en decúbito lateral, con la extremidad objeto de estudio hacia arriba.

Una vez posicionado el animal, se procedió a rasurar la piel de la región del hombro y tras el rasurado se limpió la piel con alcohol, para eliminar posibles restos o suciedad que pudieran interferir con el óptimo contacto entre transductor y piel. Se debe rasurar la zona de exploración debido a que entre el pelo existe aire, que impide la transmisión de los ultrasonidos, lo que impediría completamente obtener cualquier tipo de señal en el transductor.

Se aplicó gel de ultrasonidos en abundancia para optimizar la superficie de contacto y eliminar la posible intromisión del aire entre la superficie del transductor y la piel. En animales de pequeño tamaño se utilizó un pad o almohadilla de gel para optimizar la imagen, ya que al tratarse de estructuras muy superficiales, puede existir una pérdida de la calidad de imagen en las regiones más cercanas a la superficie del transductor. También se puede evitar esta pérdida de imagen utilizando abundante gel ecográfico en el estudio, lo que funcionaría a modo de almohadilla.

b) Localización de estructuras anatómicas.

Se coloca la extremidad en una posición relajada, sin rotaciones ni extensiones forzadas. Posteriormente se palpa el acromion escapular y se sitúa la sonda ecográfica sobre la espina de la escápula, en posición transversal a esta. Si se ha colocado la sonda según las posiciones estándar, en la parte izquierda de la pantalla aparecerá el M. supraespinoso, craneal en la articulación, mientras que en la parte derecha aparecerá el M. infraespinoso, en posición caudal. Superficialmente a ellos, por encima en el sonograma, se encontrará los Mm. Trapecio (superior al M. supraespinoso), y deltoides (encima del M. infraespinoso).

c) Exploración ecográfica del M. supraespinoso.

La exploración del M. supraespinoso se puede dividir en 4 partes bien diferenciadas:

- La aponeurosis de origen muscular.
- El vientre muscular en su totalidad.
- El TSE antes de su adhesión a la superficie humeral.
- La zona de tendón íntimamente unida a la superficie del húmero.

Una vez situados sobre la espina escapular, se desplaza la sonda hacia craneal sobre la espina escapular, para centrarnos en el M. supraespinoso. Se procede a realizar un estudio de su corte transversal desde el extremo proximal al distal, sin rotar la sonda y siguiendo el método de exploración sugerido en artículos científicos ya publicados (Kramer *et al*, 1997; Long y Nyland, 1999) En el extremo proximal del músculo se ve su origen en el borde escapular. Nos desplazamos por el cuerpo del músculo, hacia una posición distal, hasta observar la aparición del TSE y su unión con la superficie ósea del húmero.

El estudio ecográfico del TSE en corte transversal incluye la aparición del acromion clavicular al desplazar la sonda ecográfica distalmente por el músculo. Aun así, es posible valorar parte de esta última porción tendinosa en un corte transversal, con la superficie ósea adyacente en profundidad.

Tras este estudio transversal, se procede a realizar un corte longitudinal, rotando la sonda ecográfica en el sentido de las agujas del reloj. En esta posición se realiza el estudio del vientre muscular, desde su origen hasta su inserción. Volviendo al origen muscular, se puede observar el borde escapular y la aponeurosis del supraespinoso en su origen. Se continúa por el cuerpo muscular observando todo el tejido y se finaliza el estudio al llegar al TSE, que se describe y se mide en las dos regiones diferenciadas. Por último, las medidas del diámetro tendinoso se obtienen realizando una congelación de la imagen en el momento de la exploración y guardando la imagen con la medida realizada en el disco duro del equipo.

En este estudio se han realizado mediciones numéricas del diámetro del TSE. No se ha considerado oportuno realizar mediciones del tejido muscular, ni de la aponeurosis de origen ya que en la bibliografía consultada la única región que presenta alteraciones ecográficas destacables en la práctica clínica es el TSE (Backhaus *et al*, 2001; Bardet, 1998, 2002, Beltran *et al*, 1986; Gagey *et al*, 1990; Hazleman, 1990; Itoi *et al*, 1995; Krieglleder, 1995; Laitinen y Flo, 2000; Mc Kee y Macías, 2004).

Las lesiones que afectan al tejido muscular son de una naturaleza tal que no son diagnosticadas gracias a la medición del volumen muscular, sino a cambios en la imagen ecográfica del tejido muscular. La porción aponeurótica de origen no presenta patologías propias, siendo imposible además realizar ningún tipo de medición o valoración ecográfica de la misma.

Es necesario aclarar en este punto, que el estudio ecográfico del M. supraespinoso debe llevarse a acabo de manera simétrica, o lo que es lo mismo, se deben explorar ecográficamente los dos hombros del paciente. Esto servirá para conocer las características individuales de la articulación. Se debe realizar siempre un estudio seriado de la articulación sana, con el mismo nivel de detalle que el de la articulación enferma. Este estudio bilateral permite eliminar en lo posible la variable individual dentro del estudio del músculo.

d) Selección de la zona de medición del M. supraespinoso.

En primer lugar, antes de realizar las mediciones en las imágenes, se seleccionaron las zonas de medida. El objetivo de este estudio es servir como herramienta a los ecografistas clínicos, por lo que la selección de las zonas de medida debe ir enfocado al campo práctico. Según la bibliografía recogida, la patología del M. supraespinoso está focalizada en la región del TSE, tanto en el perro como en otras especies animales, incluido el ser humano (Backhaus *et al*, 2001; Barisic *et al*, 2006; Bradley *et al*, 1995; Cogar *et al*, 2008; Flo y Middleton, 1990; Gotoh *et al*, 2003; Hazleman, 1990; Kriegleder, 1995; Laitinen y Flo, 2000; Lind *et al*, 1989; Kunkel y Rochat, 2008; Muir y Johonson, 1994; Siems *et al*, 1998; Turrin y Cappello; 1997).

La patología muscular que pueda ser diagnosticada mediante ecografía no lo será en base a un cambio en el diámetro del músculo, si no a alteraciones estructurales o ecogénicas del tejido. No se han encontrado en la búsqueda bibliográfica relaciones a mediciones del volumen muscular en el ámbito clínico. Por ello las mediciones numéricas se centran en el TSE.

Una vez elegido el TSE como lugar de medición, se decidió realizar la medida en las dos regiones del tendón, tanto en la libre, como en la adherida a la superficie ósea humeral.

Tras elegir las regiones de medición se decidió hacerlo en las zonas donde su diámetro fuese constante, zonas sin aumento, ni disminución del diámetro (Fig. 45).

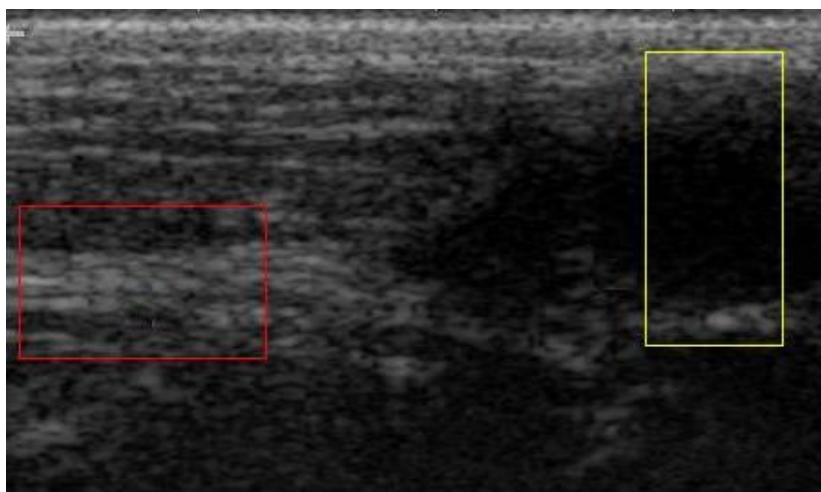
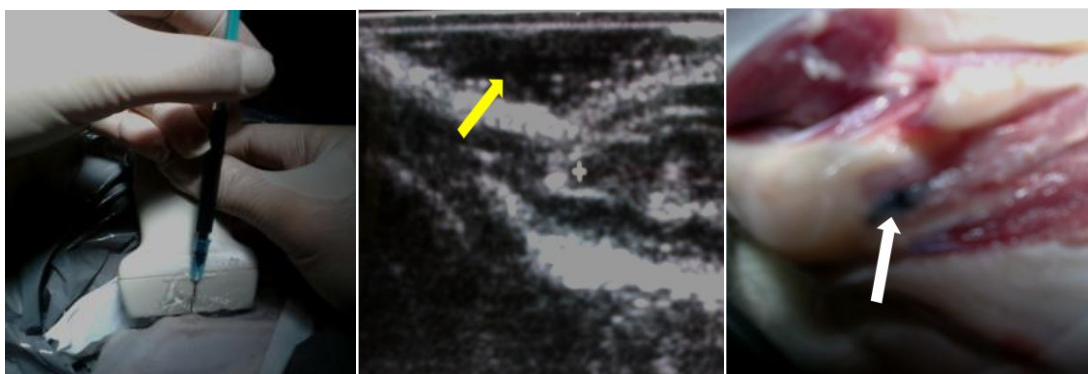


Fig. 45: Zonas de elección para medir el diámetro tendinoso.

e) Validación de la estructura observada ecográficamente.

Antes de la realización del estudio se confirmó que la imagen aparecida en el monitor del ecógrafo era realmente el TSE. En cuanto al tejido muscular, era bastante obvio su identidad, ya que la aparición de la fosa supraespinosa en la pantalla y su relación de contacto y posición ventral con la masa muscular, no dejaban lugar a la duda. Pero el caso del TSE era algo distinto. Alrededor de la estructura observada aparecían multitud de estructuras de ecogenicidad parecida, por lo que se creyó conveniente realizar la prueba de identificación. Esta prueba ya ha sido utilizada para ensayos similares (Echeverry *et al*, 2009).

Se realizó una exploración ecográfica del M. supraespinoso a un cadáver canino. El protocolo de estudio fue el descrito en este estudio. En el momento del análisis del TSE se procedió a inyectar con una jeringa de 1 ml y una aguja de 27G una disolución de tinta negra en el teórico TSE (Fig. 46). Posteriormente se confirmó la aparición del depósito líquido mediante ecografía (Fig. 47). Al finalizar el estudio ecográfico se procedió a la disección del hombro y se confirmó que la tinta inyectada estaba depositada en el TSE y zonas muy adyacentes, con lo que se confirmó que la estructura observada en la ecografía era el TSE (Fig. 48).



Figs. 46, 47 y 48: Inyección ecoguiada de tinta en la región del TSE (Imagen de la izquierda) Confirmación mediante ecografía del músculo inyectado con tinta china. La flecha amarilla indica el depósito de tinta adyacente al TSE (Imagen del centro). Disección de la zona y confirmación del depósito en la región tendinosa (flecha blanca) (Imagen de la derecha).

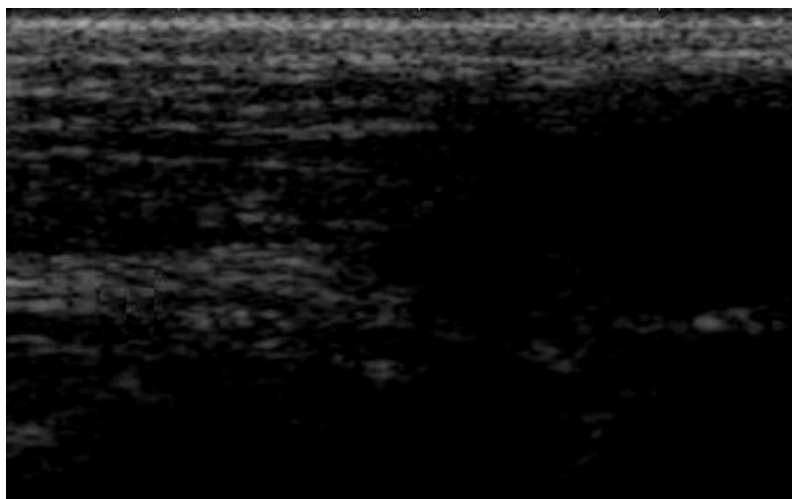
Una vez confirmada la identidad de la estructura se inició el estudio en pacientes vivos.

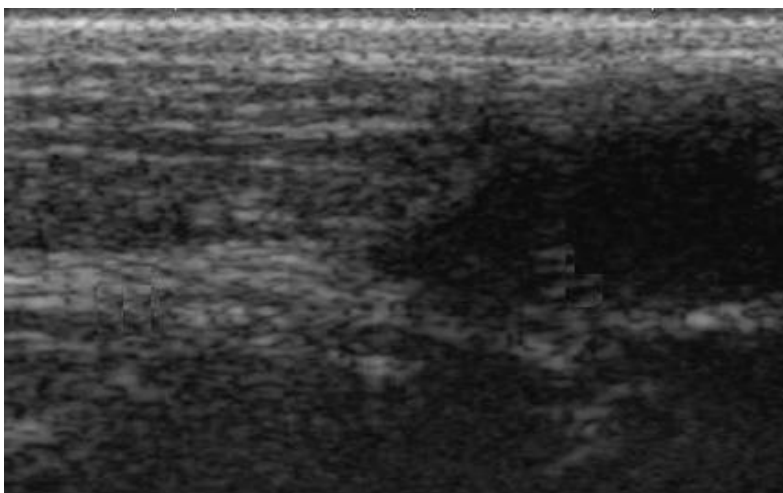
f) Procesado de la información.

Una vez obtenidas las medidas y guardadas las imágenes, se incorporaron los valores numéricos en una tabla de resultados tipo Excel®. De esta manera se recogieron los datos de los diámetros tendinosos en las dos regiones a estudiar.

El análisis de las ecogenicidades del tendón se realizó cuantificando la intensidad de blancos de las imágenes guardadas. Estos análisis de imágenes se llevaron a cabo con el programa ImageJ®. Cada imagen seleccionada para este análisis debía cumplir un requisito, ser una vista longitudinal donde se apreciara todo el tendón en su longitud máxima. Fue necesario realizar esta apreciación debido a que el análisis se realizó sobre una imagen fija. Se comparó la ecogenicidad de una región del tendón con otra región en la que apareciera la misma imagen. No se pudieron comparar imágenes, porque los valores de brillo o intensidad de señal pueden ser modificados entre una imagen y otra (Figs. 49 y 50).

En la imagen elegida se seleccionó una región de interés (ROI) de la zona a analizar y se obtuvieron valores de intensidades (media, mínima y máxima). En este estudio se ha considerado conveniente utilizar el valor de intensidad media, más representativo del área y menos influenciado por posibles artefactos de la imagen. Por ejemplo, una sombra acústica puede alterar los valores de intensidad mínima y máxima, pero la intensidad media se verá menos afectada. Igualmente una mineralización del cartílago o una microrrotura del tendón podrían alterar los mismos valores.





Figs. 49 y 50: Imágenes del TSE del mismo paciente. Las dos imágenes corresponden al mismo tendón en la misma exploración, pero con diferentes niveles de brillo y contraste.

Los resultados obtenidos en cada región se compararon con los de la otra región de la misma imagen para obtener una diferencia entre regiones del mismo tendón. Para realizar las comparaciones entre tendones de animales diferentes se procedió a estandarizar las imágenes. Para ello se necesitó restar de los valores de intensidad medios obtenidos en cada región un dato que sea común en todos los estudios. En este caso se restó la intensidad de señal que producía la sombra acústica de la superficie humeral, que por definición es anecoica. En las imágenes seleccionadas se apreció la superficie humeral y su sombra acústica, homogénea y anecoica. Se realizó una ROI del área de la sombra y se obtuvo el dato de intensidad media de señal de la misma. Posteriormente se restó el valor obtenido de cada imagen a las diferentes ROI de la misma imagen. Al realizar la sustracción del valor de intensidad "0" a cada imagen, se estandarizó la señal y se pudo realizar las comparaciones entre imágenes diferentes a continuación.

g) Descripción del método de análisis de imágenes.

Como la descripción del método puede ser un poco complicada y para facilitar su comprensión, se va a describir con un ejemplo. Se supone que tras el examen del músculo se obtiene una imagen como la mostrada en la figura 51.

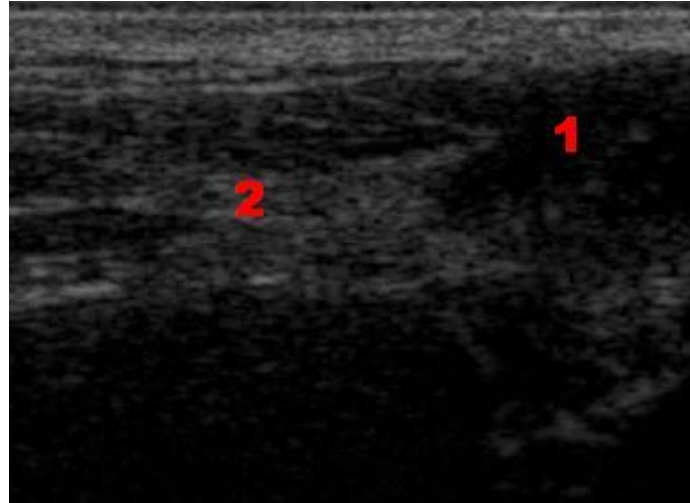


Fig. 51: Imagen típica obtenida del TSE. Se observan la porción adherida (1) y libre (2) del TSE.

Una vez almacenada en la base de datos, se abre la imagen con el programa ImageJ[®] y se procede a realizar una ROI de cada una de las zonas antes descritas (porciones libre y adherida) (Fig. 52).

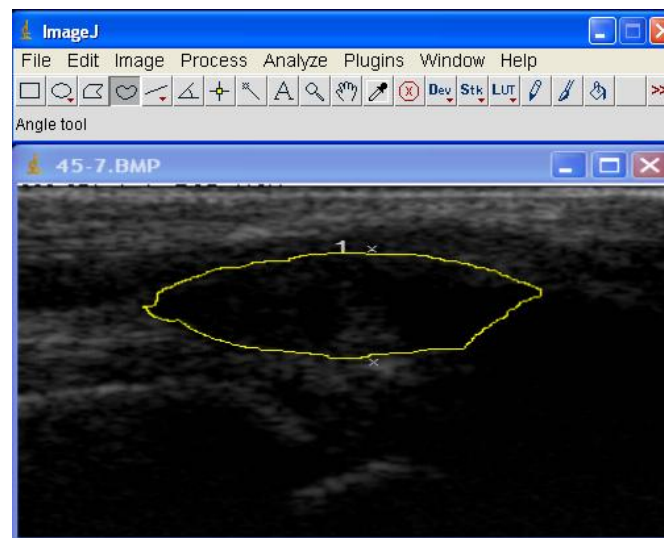


Fig. 52: Realización de una ROI en la región adherida del tendón.

Tras definir la ROI, se procede al análisis con el programa y se obtienen los resultados de intensidad mostrados en la tabla nº 3:

	Valor de Intensidad Media
Zona 1	41,132
Zona 2	7,099

Tabla nº 3: Resultados obtenidos de valor de intensidad de brillo.

Con estos datos se podría hacer una comparación de la zona 1 con la 2. Cualquier comparación entre áreas dentro de la imagen sería correcta. El problema se presenta si se quiere comparar con otras imágenes, ya que el programa mide intensidad de brillo, algo que se puede modificar en cada imagen con un simple editor de imágenes. Para ello se debería corregir la intensidad de la imagen con alguna estructura que por definición sea anecogénica en todas las imágenes. En este caso la sombra acústica que genera la interfase tejido blando-hueso podría ser útil. De este modo se tienen tres áreas de interés: las dos partes del tendón (1 y 2) y el fondo (3) (Fig. 53).

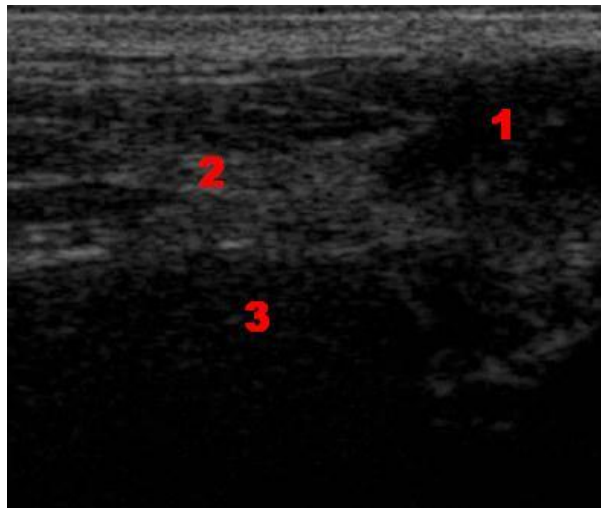


Fig. 53: Descripción de las tres diferentes regiones analizadas: porción adherida (1), porción libre (2) y sombra acústica limpia (3).

Se procede a restar el valor de esta nueva ROI del resto y se obtiene un resultado como el siguiente (Tabla nº 4):

	Valor de Intensidad Media Corregida
Zona 1	37,805
Zona 2	3,772
Zona 3	0

Tabla nº 4: Valores obtenidos tras sustraer el fondo (sombra acústica).

Evidentemente, el valor de intensidad corregida de la zona 3 debe ser 0, ya que restamos a esa zona el fondo de la imagen, que es ella misma. Con estos resultados ya corregidos, se podrán comparar diferentes imágenes, ya que el "fondo" de la imagen será en todos los casos igual, un valor 0.

5.2.4. MÉTODO DEL ESTUDIO ESTADÍSTICO

Tras el análisis de las imágenes se obtuvieron valores numéricos que fueron analizados de manera estadística. Todos los datos numéricos fueron procesados con el programa informático Sigmaplot[®], que genera y analiza los resultados estadísticos.

La valoración del efecto de cada variable sobre el TSE, tanto en diámetro como en ecogenicidad, se analizó de diferente manera en función del tipo de variable a estudiar. En las variables discretas, con limitadas posibilidades, se realizaron análisis T-test para observar el efecto que tiene la variable sobre el tendón. Este es el caso del sexo (macho/hembra) y la cojera (Si/No). El T-test valora las medianas de los grupos de datos, midiendo el grado de similitud o diferenciación entre ellas y analizando si las diferencias entre los diferentes grupos son debidas únicamente al azar o si por el contrario, las diferencias son estadísticamente significativas, la diferencia entre ellas no se justifica únicamente por el azar del muestreo.

En las variables numéricas se procedió a realizar un doble análisis. Este es el caso del peso, la edad y la altura. Por un lado se agruparon los individuos en función de las diferentes variables y se procedió como si se tratasen de variable discretas. Por otro lado se procedió a realizar estudios de correlación, para observar posibles relaciones entre las dos medidas. En estos casos se procedió a calcular el *P value*, que nos indicó si existe una relación significativa entre las variables y los resultados obtenidos en las mediciones o es una similitud atribuible al azar.

5.2.4.1. Clasificación por grupos

La clasificación en grupos de los casos se ha hecho tomando las variables que, teóricamente, serían las que más posibilidades tendrían de afectar al tamaño del M. supraespinoso. En este punto se ha presentado un problema importante, ya que las variables como la edad o el estado físico están muy influenciadas por la raza del animal. Por ejemplo, un perro de talla pequeña con 10 años se considera adulto, mientras que si se trata de un perro gigante sería un perro en edad senil. Esto tiene mucha importancia en la alimentación, por lo que son los nutrólogos los principales investigadores y sus publicaciones aportan tablas muy exhaustivas sobre estos aspectos. En este estudio se ha utilizado como referencia la clasificación aparecida en

el libro "*Enciclopedia de la nutrición clínica canina*" de Pascale Pibot y colaboradores (2008), editado por Royal Canin.

Las variables que se han tomado en cuenta para la realización de este estudio son:

- Peso.
- Edad.
- Altura a la cruz.
- IMC.
- Sexo.
- Cojera.

Todos los animales fueron incluidos en alguno de los subgrupos en cada variable. No fue posible la inclusión simultánea en varios subgrupos de la misma variable.

a) Peso: Los animales se clasificaron en cuatro grupos diferentes como se puede apreciar en la tabla nº 5:

	Peso
Perro pequeño	<9 Kg
Perro mediano	9-22 Kg
Perro grande	22-45 Kg
Perro gigante	>45 Kg

Tabla nº 5: Clasificación de los animales en función del peso.

b) Edad: La clasificación se realizó en función de la raza/peso del animal según la tabla nº 6:

	Cachorro	Adulto	Viejo
Perro pequeño	<10 meses	10 meses -12 años	>12 años
Perro mediano	<12 meses	12 meses -10 años	>10 años
Perro grande	<15 meses	15 meses - 9 años	>9 años
Perro gigante	<15 meses	15 meses - 8 años	>8 años

Tabla nº 6: Clasificación de los animales por edad.

c) Altura a la cruz: Los animales se clasificaron en 4 grupos como se muestra en la tabla nº 7:

	Altura
Perro pequeño	<25 cm
Perro mediano	25-50 cm
Perro grande	50-75 cm
Perro gigante	>75 cm

Tabla nº 7: Clasificación en función de la altura.

d) Condición corporal: Los animales se clasificaron en los subgrupos bajo peso, peso normal y sobrepeso (Tabla nº 8). La fórmula empleada ha sido reconvertida de la utilizada en humanos:

$$\text{IMC: Peso} / \text{altura (m)}^2$$

En este caso se han reconvertido los metros de la altura a centímetros, por lo que la fórmula queda:

$$\text{IMC: Peso} / \text{altura (cm)}^2$$

Las unidades de esta variable son los Kg/cm²

Al no poseer unos valores de referencia bibliográficos, se decidió hacer una distribución normal de los valores obtenidos y, con un intervalo de confianza del 65,4%, se separaron los datos que quedaban fuera del intervalo. Los datos obtenidos son los mostrados en la tabla nº 8:

	IMC
Bajo peso	< 0,0073577
Peso normal	0,007357-0,01417
Sobrepeso	> 0,01417

Tabla nº 8: Clasificación por IMC.

e) Sexo: con los subgrupos hembras y machos.

f) Presencia de cojera: con los subgrupos positivo y negativo. Este es el único caso en el que se utilizaron los datos de los animales clínicamente enfermos. Estos se compararon con los valores medios de los animales teóricamente sanos. No se identifica cual de las extremidades presenta cojera debido a que en muchos casos era muy difícil identificar la región dolorosa, e incluso en

algunos casos la exploración ortopédica de la extremidad no permitía diferenciar la zona afectada. En otros casos parecía que ambas extremidades estaban afectadas.

5.2.4.2. Análisis de las variables continuas sin agrupar

Añadido al estudio por grupos se va a realizar un estudio de correlación de cada variable continua, sin agrupar los datos, buscando una posible asociación o dependencia de las medidas obtenidas con los datos recabados de cada animal. Estos valores en bruto se introducen en el programa informático junto con los resultados obtenidos y se analizan mediante una prueba de correlación. En los casos de influencia por parte de la variable, se obtiene información de la magnitud de esa influencia.

5.2.5. MÉTODO DE DISECCIÓN ANATÓMICA Y TOMA DE MUESTRAS

Se realizó una disección seriada de la articulación del hombro en cuatro casos de perros clasificados como sanos para obtener información acerca de la anatomía de la misma. La observación *in situ* del músculo y su tendón ayudó a entender las referencias anatómicas necesarias para realizar los exámenes ecográficos.

Los cadáveres empleados fueron frescos, sin métodos de conservación y las disecciones se realizaron momentos después de la eutanasia de los animales por motivos ajenos a este estudio.

Se procedió a realizar una incisión en el aspecto craneal del hombro, tomando como referencia la espina escapular, de fácil palpación. Una vez retirada la piel, se procedió a desinsertar los Mm. trapecio y deltoides, para exponer los músculos más profundos de la región, los Mm. supraespinoso e infraespinoso.

Tras aislar el M. supraespinoso se observó su origen en el borde escapular, el vientre muscular sobre la fosa supraespinosa escapular y su tendón de inserción en la cabeza del húmero.

El análisis del TSE se realizó mediante la desinserción tendinosa del húmero y la realización de una incisión longitudinal sobre el vientre muscular, intentando localizar el origen intramuscular del TSE, algo descrito en la bibliografía. Tras su visualización se obtuvieron muestras del TSE, tanto de la región libre como de la adherida a la superficie ósea humeral.

Las muestras se conservaron en formol tamponado y fueron talladas y teñidas posteriormente. Las tinciones utilizadas fueron hematoxilina-eosina y tricrómico de Masson. La primera es la tinción estándar en histología, y la segunda es una tinción especial para tejido conectivo. El análisis de las muestras fue llevado a cabo por el Servicio de Anatomía Comparada del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas y consistió en el examen microscópico de las mismas.

6. RESULTADOS

6. RESULTADOS

El esquema seguido en la descripción de los resultados se ha desglosado en cuatro apartados referentes a: imagen ecográfica y del protocolo de exploración, resultados histológicos de las muestras analizadas, resultados estadísticos de las mediciones realizadas y análisis estadístico.

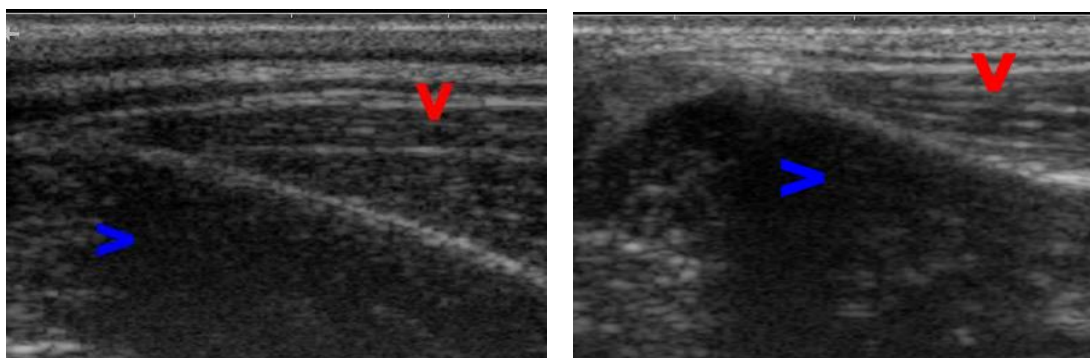
6.1. RESULTADOS DE LA IMAGEN ECOGRÁFICA Y DEL PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN

6.1.1. IMAGEN DEL MÚSCULO SUPRAESPINOSO

Para la exposición de los resultados obtenidos vamos a dividir la presentación en las diferentes regiones que se han definido en la metodología:

6.1.1.1. Exploración del origen muscular

La exploración ecográfica del origen muscular demuestra que es imposible apreciar la aponeurosis de origen. En los sonogramas longitudinales se observan la superficie ósea escapular y el tejido muscular que se origina, en forma de cuña (Figs. 54 y 55).



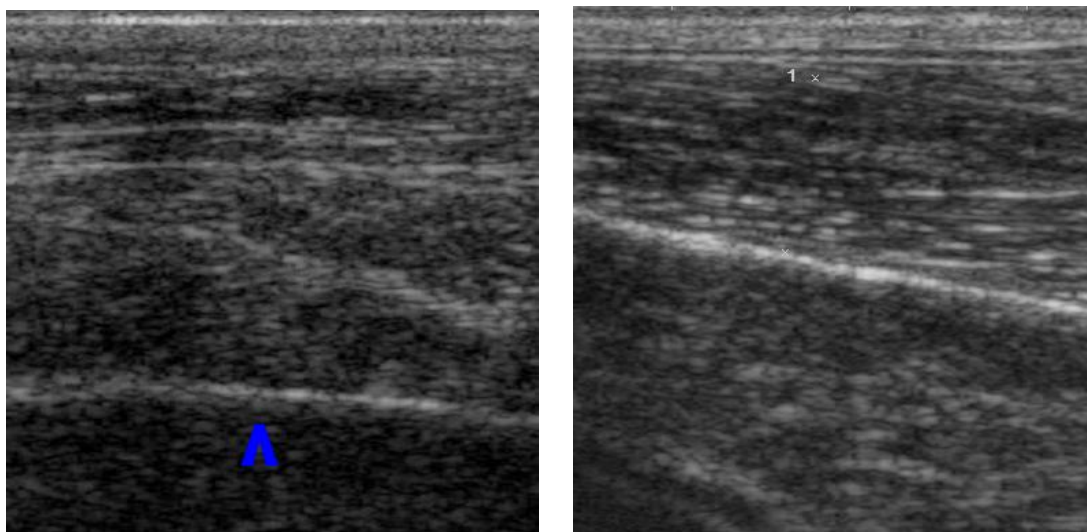
Figs. 54 y 55: Detalles en una vista longitudinal del origen muscular (flecha roja) sobre la fosa supraespinosa escapular, la cual produce sombra acústica (flecha azul). Imagen izquierda de un mestizo, macho y de 4 años. Imagen derecha de un Cocker Spaniel, hembra y de 14 años.

En una vista transversal la imagen es más difícil de obtener, pasando del borde óseo escapular a tejido muscular normal sin transición de ningún tipo.

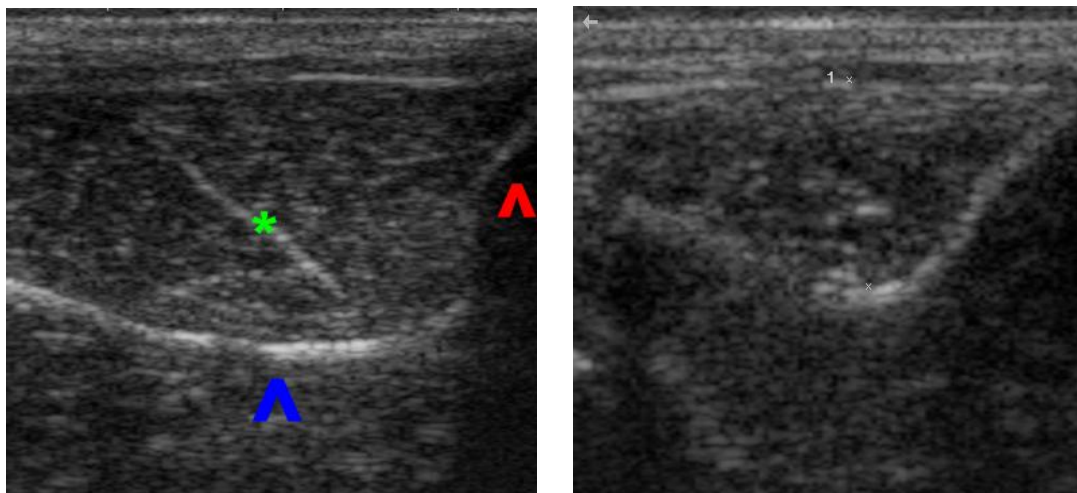
6.1.1.2. Exploración del vientre muscular

Cuando se continúa el análisis del tejido muscular se aprecia en un corte longitudinal la imagen típica de espina de pescado (Figs. 56 y 57), ya descrita en la bibliografía, y como el vientre muscular comienza a engrosarse hasta llegar a su nivel más alto aproximadamente en la mitad de la longitud total del vientre. A partir de este punto comienza la disminución del volumen muscular, dándole el aspecto típico fusiforme al músculo.

En un corte transversal se puede observar durante todo el recorrido del vientre muscular una imagen típica de "*cielo estrellado*". Esta vista ofrece el vientre muscular con una forma ovalada, casi esférica, cuyos límites inferior y caudal los pone la fosa supraespinosa y la espina escapular respectivamente (Figs. 58 y 59).



Figs. 56 y 57: Detalle del vientre muscular del M. supraespinoso y la fosa supraespinosa escapular (flecha azul). Vista longitudinal en ambas. Imagen izquierda de un Caniche, hembra y de 16 años. Imagen derecha de un Siberian Husky, macho y de 11 años.



Figs. 58 y 59: Detalle del vientre muscular supraespinoso en vista transversal. Se aprecia en la imagen de la izquierda una estría tendinosa interna (asterisco verde), la fosa supraespinosa (flecha azul) y la sombra acústica de la espina escapular (flecha roja). Imagen izquierda de un Caniche, macho y de 14 años. Imagen derecha de un mestizo, macho y de 9 años.

6.1.1.3. Exploración del tendón de inserción en su porción proximal

En la valoración del TSE del M. supraespinoso el acromion escapular supone un obstáculo en el movimiento de la sonda. En este momento, se debe realizar un movimiento de rotación de la sonda para evitar esta estructura ósea y poder continuar con el estudio.

Al aproximarse al final del tejido muscular se observa cómo van apareciendo estructuras lineares hiperecogénicas dentro del propio tejido que se unen en una zona central también hiperecogénica (Figs. 60 y 61).

El tendón de inserción discurre distalmente hacia el húmero. En un corte longitudinal la imagen del tendón es tubular e hiperecogénica en su mayoría, con pequeñas estructuras hipoecogénicas internas (Figs. 62 y 63). El tendón se mantiene bastante homogéneo hasta su llegada a la superficie ósea humeral.

En un corte transversal el tendón presenta en esta zona una forma ovalada muy homogénea y una ecogenicidad similar a la descrita en la vista longitudinal (Figs. 64 y 65).

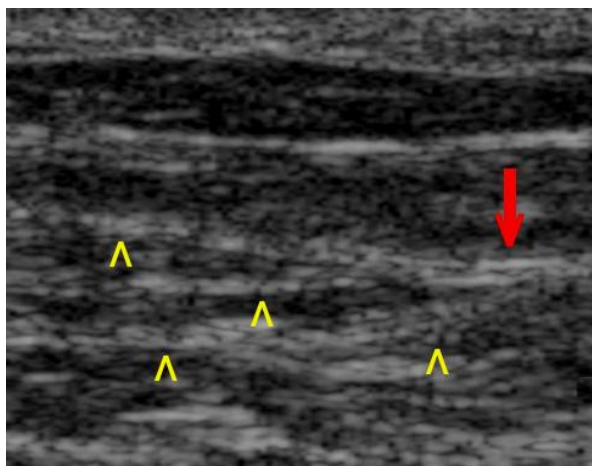


Fig. 60: Detalle de un sonograma del tejido muscular (Vista longitudinal). Las líneas hiperecogénicas (flechas amarillas) discurren oblicuas al eje largo del músculo y terminan por unirse a una estructura hiperecogénica central de mayor volumen (flecha roja). Imagen de Pastor Alemán, macho y de 11 años.

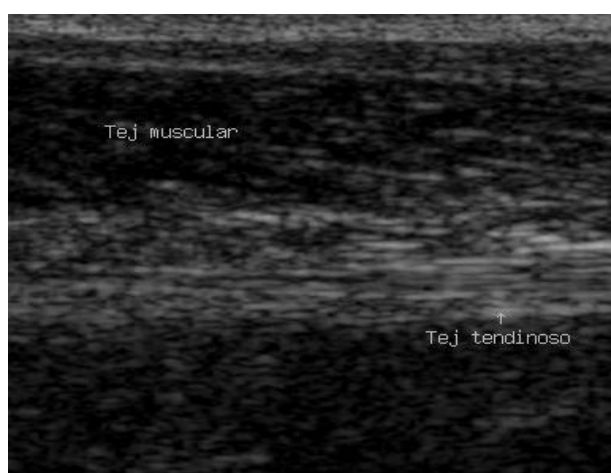
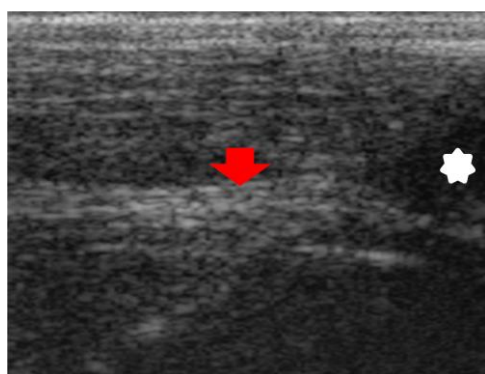
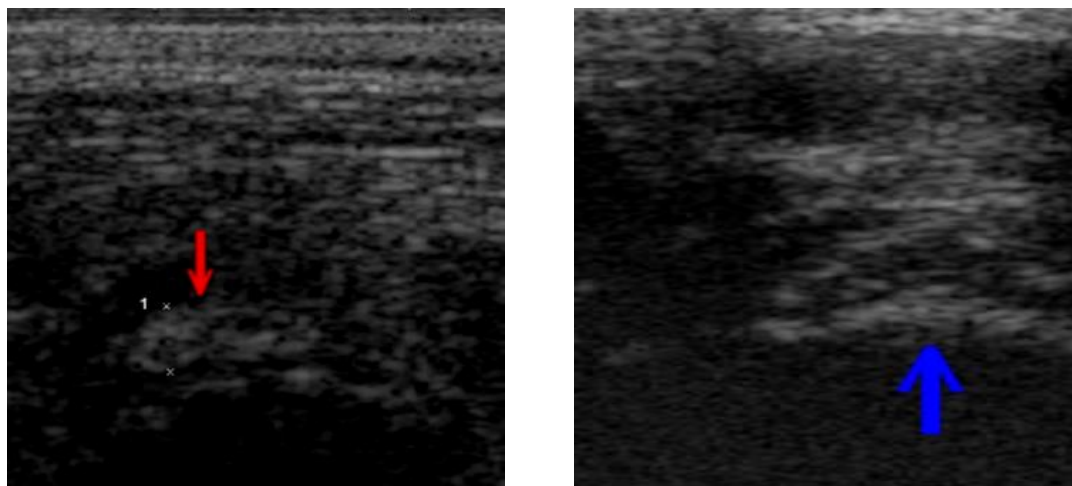


Fig. 61: Detalle de un sonograma del M. supraespinoso en vista longitudinal. Se observa el tejido muscular típico y como en el centro del mismo comienza a aparecer un tejido hiperecogénico homogéneo, correspondiente al nacimiento del TSE. Imagen de un Bóxer, macho y de 12 años.



Figs. 62 y 63: Detalles del TSE en una vista longitudinal. Se aprecia un tejido hiperecogénico, heterogéneo y de diámetro mantenido en la zona proximal (flecha roja), mientras que en la zona distal la imagen cambia a un tejido más homogéneo, hipoeecogénico y de diámetro creciente (asterisco blanco). Imagen de la izquierda de un Pastor Alemán, hembra y de 13 años. Imagen de la derecha cortesía de D. Hernán Fominaya García de un Bóxer, macho y de 6 años.



Figs. 64 y 65: Vistas transversales del TSE. El tendón presenta una forma ovalada, heterogénea e hiperecogénica (flecha roja) y se asienta sobre una superficie ósea que produce sombra acústica (flecha azul). Imagen de la izquierda de un Pastor catalán, macho y de 13 años. Imagen de la derecha de un Pastor de Brie, hembra y de 13 años.

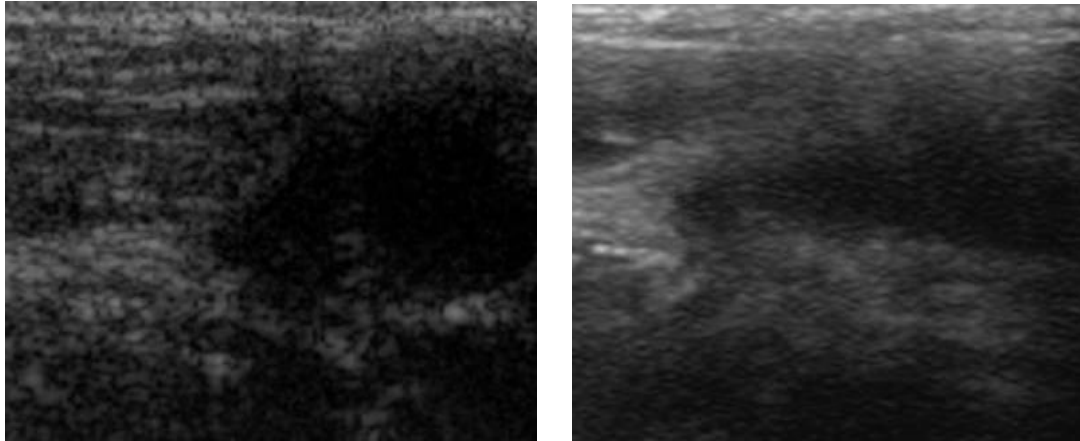
6.1.1.4. Exploración del tendón de inserción en su zona distal

El TSE en la porción distal se convierte en una estructura de mayor volumen, redondeada e hipoeoica. El cambio es brusco, casi sin progresión y permite diferenciar ambas partes del tendón de inserción claramente. En una vista longitudinal se produce un aumento repentino del diámetro del tendón y una disminución de la ecogenicidad hasta constituir una estructura hipoeocogénica (Figs. 66, 67 y 68).

En un corte transversal, el estudio es más complicado por la localización del tendón y la aparición del acromion escapular, pero la imagen es muy similar con un tendón de forma elipsoide (Fig. 69).

La zona de unión del tendón a la superficie ósea se observa, tanto en corte longitudinal como transversal, como una zona de alta hiperecogenicidad (la interfase tendón-hueso) seguida de una sombra acústica posterior (típica de tejido óseo) (Fig. 70). No es posible valorar en profundidad el tubérculo mayor humeral.

Esta última región se conoce en medicina humana como "*footprint*" (huella del pie).



Figs. 66 y 67: Detalles de sonogramas de la región distal del TSE en vista longitudinal. Se aprecia un cambio en la porción distal, pasando a ser una estructura más homogénea, hipocogénica y de mayor diámetro. Imagen de la izquierda de un mestizo, macho y de 4 años. Imagen de la derecha de un Shit-Tzu, hembra y de 9 años.

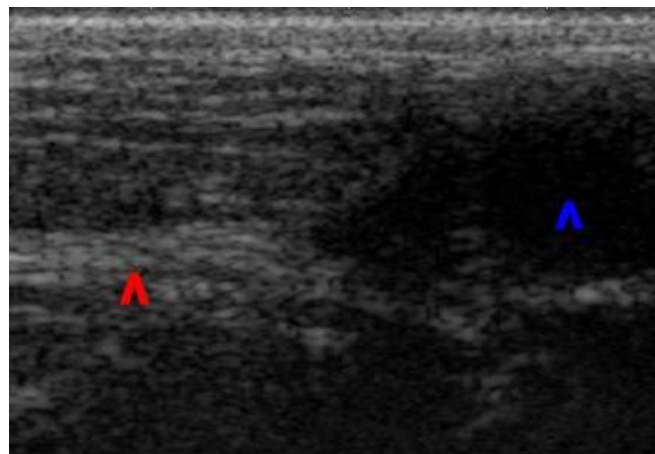


Fig. 68: Sonograma del TSE con las dos porciones señaladas, para evidenciar su diferente imagen ecográfica. La flecha roja señala la porción proximal del TSE, mientras que la azul marca la porción distal del mismo tendón. Imagen de un Pointer, macho y de 10 años.

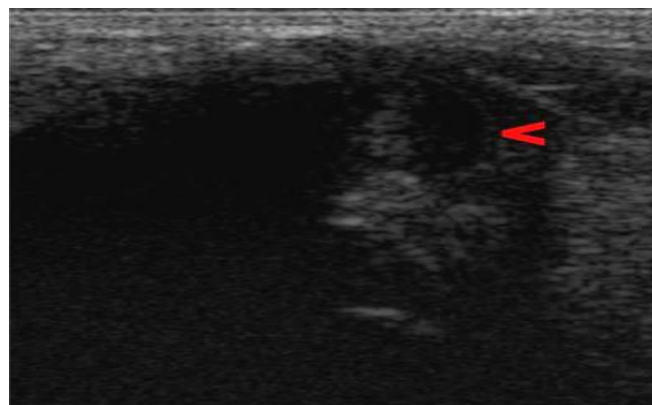


Fig. 69: Detalle del TSE en vista transversal (flecha roja).
Imagen de un Cocker Spaniel, macho y de 12 años.

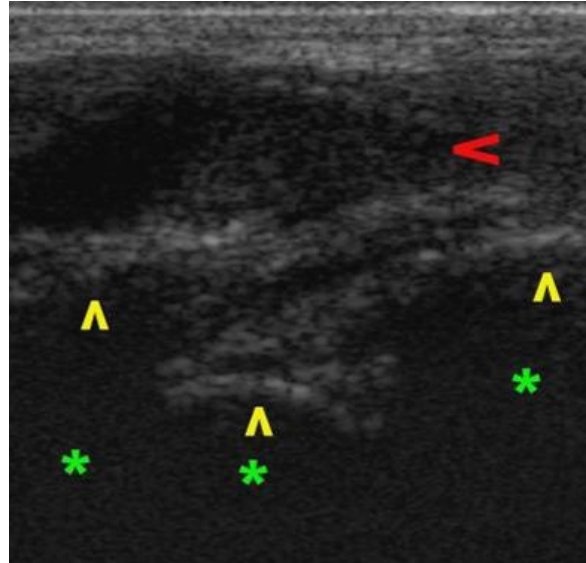


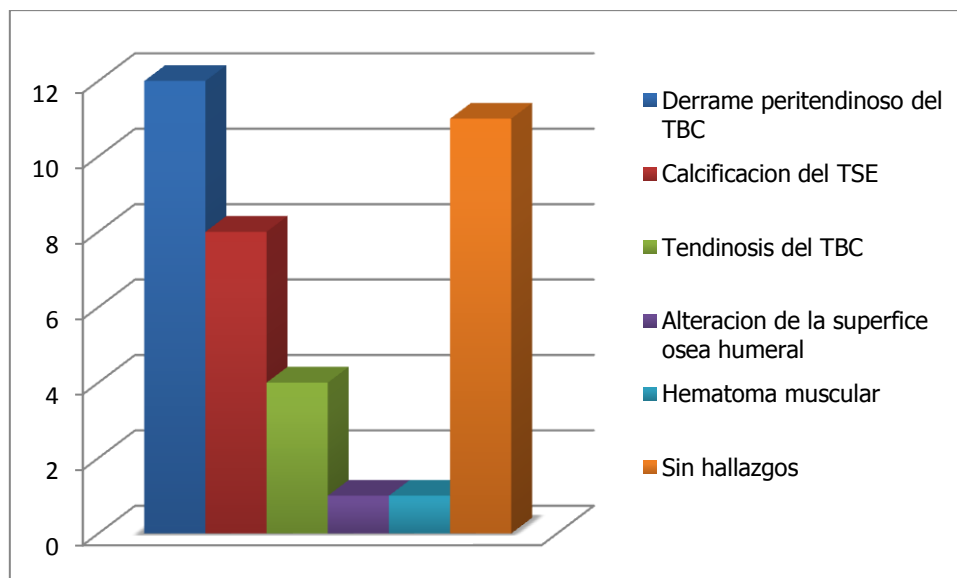
Fig. 70: Sonograma del TSE en una vista longitudinal (flecha roja). Se observa la interfase tejido blando – hueso (flechas amarillas) y las sombras acústicas anecoicas generadas (asteriscos verdes). Imagen de un Cocker Spaniel, macho y de 12 años.

6.1.2. PATOLOGÍAS DESCRITAS

En los 29 animales con cojera de hombro que se han estudiado en este trabajo, se encontraron patologías que afectaban a tres zonas principalmente: Tendón de origen del músculo bicipital (TBC), el TSE y la superficie ósea de la cabeza del húmero. La distribución de patologías según su incidencia fue: (Gráfica 1)

- Derrame peritendinoso en el TBC: 12 casos.
- Sin hallazgos: 11 casos.
- Calcificación del TSE: 8 casos.
- Tendinosis del TBC: 4 casos.
- Alteración superficie ósea humeral: 1 caso.
- Hematoma muscular: 1 caso.

La suma total de las patologías es mayor que el número de cojeras, porque en muchos casos concurrían dos imágenes ecográficas distintas en el mismo animal.



Gráfica nº 1: Distribución de las patologías descritas en los 29 animales con cojera asociada a patología de hombro.

6.1.2.1. Patologías musculares

Las patologías musculares que se han observado durante este estudio son:

a) Hematomas musculares: Son consecuencia de contusiones graves que afectan al tejido muscular. Se aprecia una zona anecoica correspondiente con el hematoma (Figs. 71 y 72). El tejido muscular no suele verse afectado en su estructura, aunque sí que puede observarse un desplazamiento de la masa muscular. En casos crónicos, después de la consolidación del hematoma, se aprecia una estructura hiperecoica e irregular, correspondiente con el coágulo que se está reabsorbiendo.

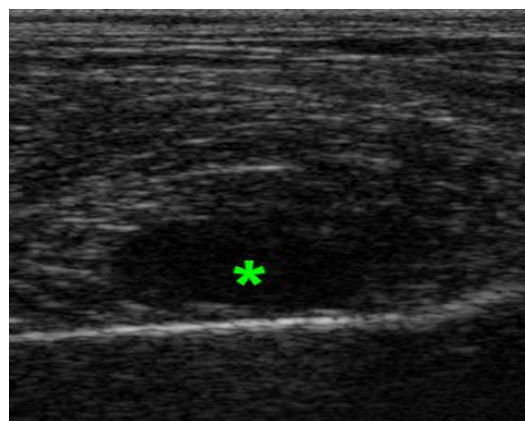
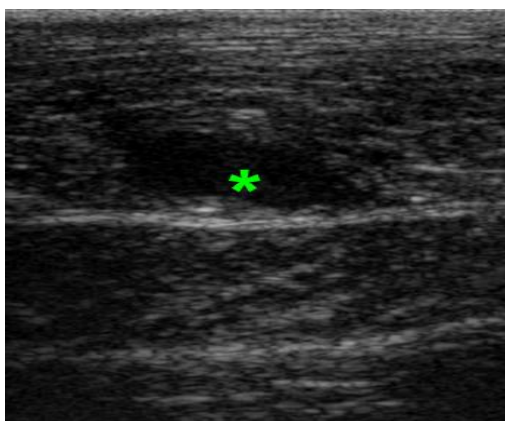
6.1.2.2. Patologías tendinosas

Las patologías tendinosas diagnosticadas mediante el uso de los ultrasonidos durante la realización de este estudio son:

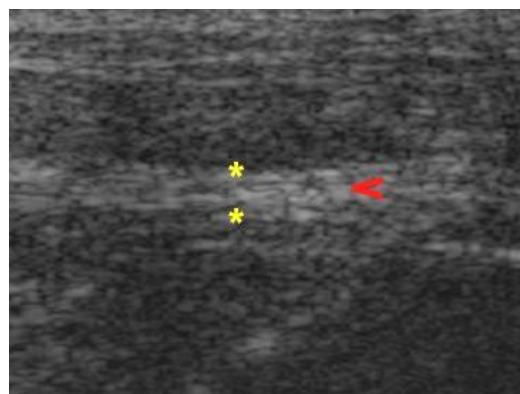
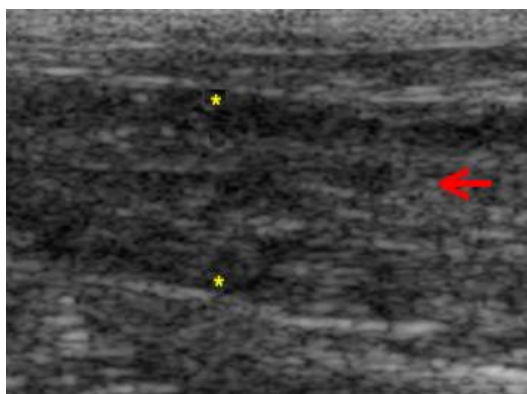
a) Tendinosis: Se trata de un proceso degenerativo crónico sin inflamación. Es un término más correcto que el de tendinitis, ya que el proceso inflamatorio en el tejido es escaso (Jiménez Díaz, 2007). Ecográficamente se aprecia una desestructuración del tejido tendinoso, con una pérdida de la estructura lineal

de las fibras que conforman el tejido tendinoso, y una alteración en el patrón ecográfico típico, con un aumento de la ecogenicidad general del tendón (Figs. 73 y 74).

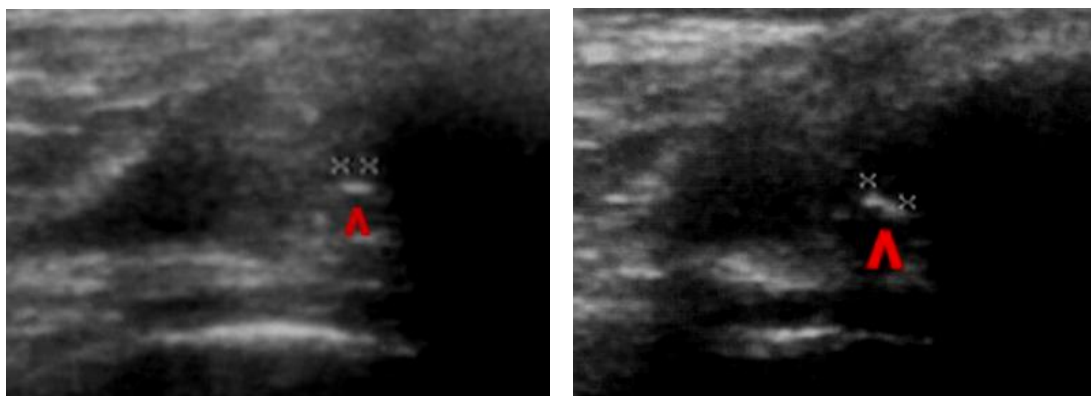
b) Mineralizaciones: Se observa una estructura hiperecogénica con sombra acústica posterior (Figs. 75 a 79). Las mineralizaciones observadas son de pequeño tamaño y sin tendinosis secundaria, por lo que podría tratarse de hallazgos asintomáticos o lesiones en fase incipiente. En la mayoría de los casos son lesiones aisladas, pero existen casos con varias mineralizaciones en el mismo tendón, localizadas siempre en la última parte del tendón de inserción.



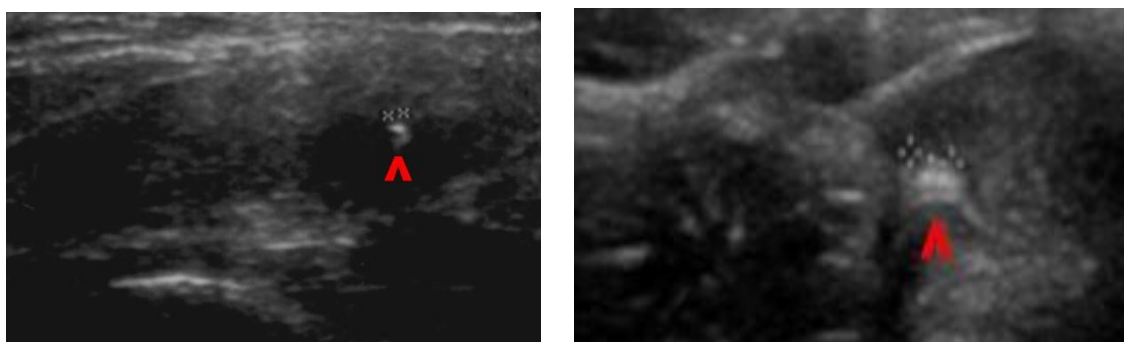
Figs. 71 y 72: Sonograma de un vientre muscular en vista longitudinal (izquierda) y transversal (derecha). Se aprecia una estructura interna anecogénica compatible con hematoma muscular. La aspiración ecoguiada confirmó el contenido como serosanguinolento. Imágenes de un Pointer, macho y de 10 años.



Figs. 73 y 74: Detalle de TSE con una tendinosis unilateral. La imagen de la izquierda muestra un TSE aumentado de diámetro y disminuido de ecogenicidad. La imagen de la derecha es normal. Los asteriscos amarillos señalan los límites del TSE. Ambas imágenes corresponden a un Labrador Retriever, macho y de 7 años con una patología unilateral.



Figs. 75 y 76: Sonogramas de TSE, con presencia de estructuras hiperecogénicas (flechas rojas), compatibles con mineralizaciones. Imagen de la izquierda de un Labrador Retriever, macho y de 7 años. Imagen de la derecha de un Setter irlandés, macho y de 8 años.



Figs. 77 y 78: Sonogramas de TSE, con presencia de mineralizaciones (flechas rojas). En este caso, la imagen de la izquierda fue adquirida de un Pointer, hembra y de 4 años. La imagen de la derecha se captó en un mestizo, macho y de 3 años y es cortesía de D. Hernán Fominaya García.

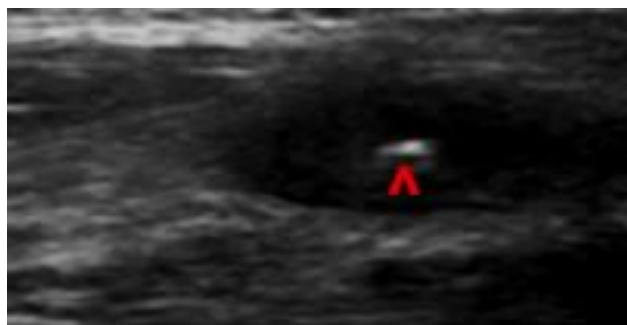


Fig. 79: Sonograma del TSE. Se observa imagen compatible con mineralización (flecha roja). Imagen de un Mastín español, macho y de 2 años.

6.1.2.3. Patología de la cápsula articular

Es necesario destacar aquí la presencia de una imagen observada en multitud de lesiones de la articulación del hombro que indica la existencia de lesión articular: el derrame sinovial. La presencia de un acúmulo líquido patológico en la articulación indica siempre la presencia de una lesión en alguno de los elementos integradores de la articulación, normalmente una lesión tendinosa. La imagen observada es la de un

acúmulo patológico de líquido peritendinoso o intraarticular, de diferente grado de ecogenicidad en función de la celularidad de la efusión (Figs. 80 y 81).

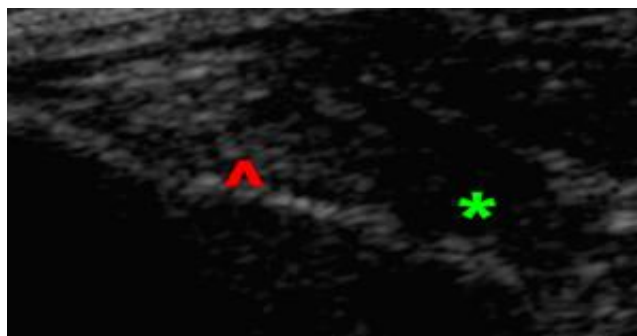


Fig. 80: Detalle de derrame peritendinoso en un Labrador Retriever, macho y de 7 años. El acúmulo líquido (asterisco verde) se sitúa periférico al tendón hipocogénico y heterogéneo (flecha roja), típico de una tendinitis aguda.

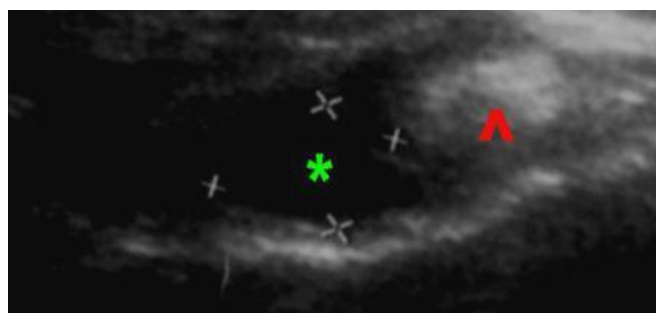


Fig. 81: Sonograma de derrame peritendinoso (asterisco) periférico a un tendón hiperecogénico (flecha roja), típico de una tendinitis crónica. Imagen de un Rottweiler, macho y de 12 años.

Normalmente se aprecia un líquido anecoico limpio, sin ecos internos. En algunos casos se observa la presencia de líneas hiperecogénicas correspondientes con acúmulos de fibrina. La localización del acúmulo suele ser cercana al tejido lesionado, pero existen diferentes recesos de la cápsula articular, intercomunicados y que pueden acumular líquido generado en una localización distinta. Por ello, ante la presencia de líquido articular en cantidades excesivas, se deben estudiar todos los componentes de la articulación, para localizar la lesión originaria del derrame.

En condiciones normales siempre se observa una pequeña cantidad de líquido sinovial peritendinoso alrededor del tendón de origen del bíceps. La manera de evidenciar el exceso de líquido es la comparación con la articulación contralateral. En los casos de cojera de la extremidad se debe medir el volumen de líquido en ambas articulaciones para poder apreciar un exceso de líquido sinovial que nos indicaría una patología articular. La no presencia de derrame articular no descarta la lesión, pero la presencia de derrame articular si asegura la presencia de la misma.

En este estudio se han apreciado derrames articulares en la mayoría de los casos de lesiones tendinosas, no así en los estudios fisiológicos.

6.2. RESULTADOS DE LA DISECCIÓN ANATÓMICA E HISTOLOGÍA

Los resultados obtenidos de las disecciones realizadas confirman lo referenciado en la bibliografía consultada.

El M. supraespinoso es un músculo fusiforme (Fig. 82), con un origen aponeurótico en el borde escapular (Fig. 83) y un vientre muscular que discurre sobre la fosa supraespinosa (Fig. 84).

El TSE se inserta en el húmero, de una manera amplia y fuerte. Se aprecia a la palpación una diferencia de consistencia entre la región libre de tendón y la adherida al hueso. Esta última es más dura y compacta. La desinserción del TSE permite valorar la manera en la que se inserta, con una morfología que recuerda a la de un pico (Figs. 85 y 86). El origen del TSE se encuentra dentro del vientre muscular, y se aprecia al realizar una incisión longitudinal en el vientre muscular y exponer las fibras musculares internas (Fig. 87).

Los resultados de las muestras analizadas muestran una diferente distribución de las fibras de colágeno en la zona de tendón libre y adherida a la superficie ósea humeral. El tendón de inserción en su parte libre, cercana al músculo, es puramente tendinoso, y muestra un patrón celular y disposición de fibras de colágeno típicos. La región adherida a la superficie ósea humeral muestra una distribución típica de células y fibras de colágeno de un tejido tipo fibrocartílago (Figs. 88 y 89).



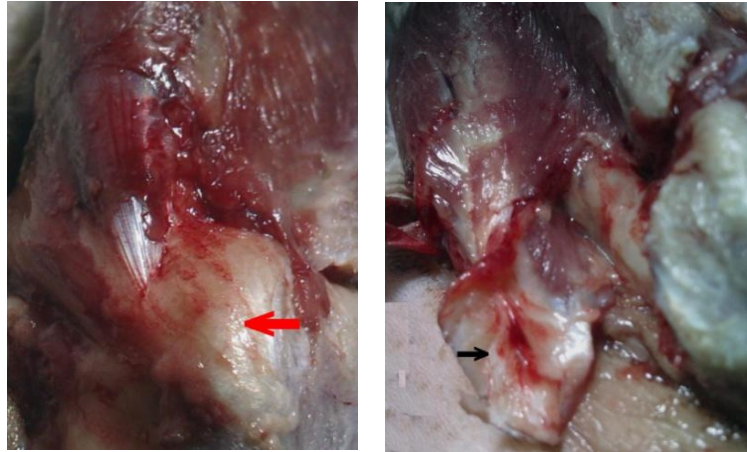
Fig. 82: Imagen macroscópica de la disección del M. supraespinoso. Se observa el origen (flecha roja), el vientre muscular (flecha amarilla) y el TSE (flecha azul).



Fig. 83: Detalle de la aponeurosis en el origen del M. supraespinoso.



Fig. 84: Detalle del vientre muscular del M. supraespinoso.



Figs. 85 y 86: En la imagen de la izquierda se observa el TSE (flecha roja). En la imagen de la derecha se aprecia una vez desinsertado de la superficie humeral (flecha negra).

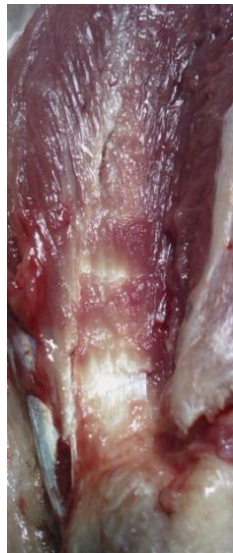
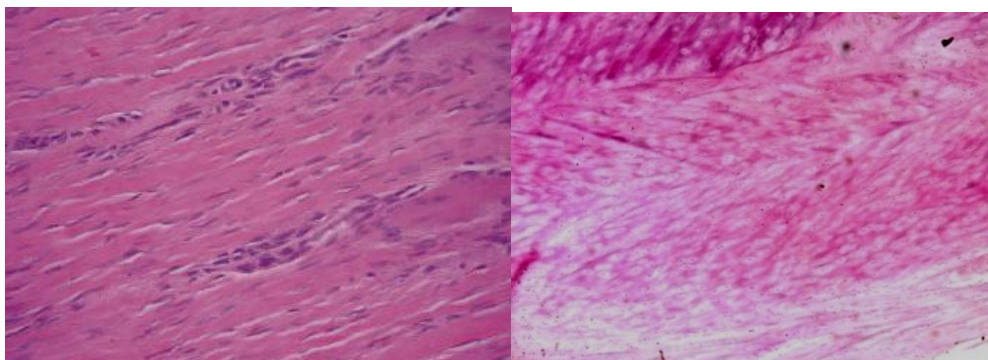


Fig. 87: Detalle del origen del TSE en el interior del vientre muscular. Para su visualización se ha abierto el paquete muscular en su práctica totalidad.



Figs. 88 y 89: Imagen histológica de tejido tendinoso (izquierda) y cartilaginoso (derecha). Tinción de hematoxilina-eosina empleada en ambas imágenes (200X).

6.3. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

6.3.1. RESULTADOS OBTENIDOS RESPECTO AL DIÁMETRO Y LA ECOGENICIDAD

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el estudio del diámetro del TSE se muestran en la tabla nº 9:

Nº	COJERA	TSE IZDO PARTE 1	TSE IZDO PARTE 2	TSE DCHO PARTE 1	TSE DCHO PARTE 2
1	No	2,8	4,2	2,2	4,22
2	No	2,47	7,28	2,67	9,1
3	No	1,24	4,73	1,86	5,8
4	No	2,11	4,85	1,86	4,09
5	No	1,9	6,12	1,75	5,4
6	No	1,59	6,05	2	7,02
7	No	1,69	6,24	1,75	5,75
8	No	1,27	4,86	1,16	5,46
9	No	1,9	5,35	1,75	5,76
10	No	1,64	6,58	1,88	7,35
11	No	1,8	4,4	1,86	5,21
12	No	2,72	8,53	2,63	8,36
13	No	1,08	4,57	1,49	5
14	No	0,98	5,57	1,6	4,44
15	No	2,11	5,8	1,85	5,55
16	No	1,47	3,9	1,93	4,77
17	No	1,01	4,54	1,87	5,6
18	No	1,31	4,55	1,85	4,54
19	No	1,93	6,6	1,93	10,6
20	No	1,75	6,41	1,77	6,6
21	No	1,78	5,33	1,77	5,6
22	No	2,34	5,72	2,54	6,2
23	No	2,16	6,03	2,78	7,29
24	No	2,36	6,74	2,78	6,6
25	No	2,76	9,6	2,37	8,53
26	No	1,95	5,2	1,85	5,4
27	No	1,28	3,3	1,31	2,88
28	No	1,75	5,41	1,95	5,78
29	No	1,8	6,1	1,85	7
30	No	1,65	4,21	1,39	4,01
31	No	1,77	5,75	1,69	5,49
32	No	2,1	8,78	1,77	9,1
33	No	2,52	7,56	2,26	8,32
34	No	1,85	5,98	1,85	6,05

35	No	1,77	5,9	2,1	4,16
36	No	2,31	5,34	2,08	4,88
37	No	2,08	6,52	1,9	6,55
38	No	2,16	9,5	2,24	9,5
39	No	1,75	6,24	2	7,2
40	No	2,78	6,65	2,26	5,23
41	No	1,75	5,2	1,78	5,15
42	No	1,7	7,5	2,77	7,5
43	No	2,23	5,37	2,45	5,63
44	No	1,4	6,02	1,4	6,13
45	Si	1,48	5,21	1,61	4,78
46	Si	2,06	5,23	1,99	5,41
47	Si	1,75	5,26	2,2	5,68
48	Si	1,6	7,1	1,3	6,87
49	Si	2,36	9,37	3,01	8,07
50	Si	2,8	5,65	2,38	5,62
51	Si	1,55	6,36	1,56	5,77
52	Si	1,46	5,8	2,52	6,46
53	Si	2,7	7,86	2,6	6,99
54	Si	1,56	5,47	1,74	5,65
55	Si	1,9	5,6	1,6	5,9
56	Si	3,68	6,12	2,94	6,02
57	Si	1,76	6,48	1,78	5,64
58	Si	2,1	8,23	2,6	7,85
59	Si	3,25	9,73	2,58	12,4
60	Si	2,3	9,2	1,72	12,7
61	Si	2,15	7,54	2,26	7,33
62	Si	2,9	8,2	2,91	7,94
63	Si	3,11	8,51	2,9	9,4
64	Si	4,2	5,75	3,5	6,25
65	Si	4,04	7,85	2,8	7,64
66	Si	1,65	4,35	3	4,87
67	Si	2,71	9,2	3,19	9,09
68	Si	2,8	7,54	2,8	7,12
69	Si	1,79	4,3	1,29	4,5
70	Si	3,09	9,37	3,15	8,98
71	Si	3,18	9,29	3,94	8,18
72	Si	1,9	5,2	2,27	6,84
73	Si	1,85	6,61	1,79	7,57

Tabla nº 9: Resultados de las mediciones obtenidas en el estudio del diámetro de las dos partes del TSE en mm.

Los resultados obtenidos tras el análisis de la ecogenicidad de las imágenes obtenidas se muestran en la tabla nº 10:

Nº	COJERA	TSE IZDO PARTE 1	TSE DCHO PARTE 1	TSE DCHO PARTE 2	TSE IZDO PARTE 2
1	No	56,254	53,4413	5,38	5,111
2	No	133,078	139,7319	20,532	21,5586
3	No	70,465	68,35105	2,199	2,13303
4	No	64,128	66,05184	3,807	3,92121
5	No	65,071	61,81745	3,495	3,32025
6	No	60,802	63,8421	8,152	8,5596
7	No	44,783	43,43951	13,424	13,02128
8	No	37,255	38,37265	8,167	8,41201
9	No	106,899	101,55405	15,059	14,30605
10	No	41,942	44,0391	6,64	6,972
11	No	53,724	55,33572	9,359	9,63977
12	No	40,982	39,75254	7,25	7,0325
13	No	26,512	25,1864	5,465	5,19175
14	No	68,202	71,6121	12,962	13,6101
15	No	43,22	41,9234	7,757	7,52429
16	No	59,025	60,79575	3,086	3,17858
17	No	36,066	34,2627	12,125	11,51875
18	No	79,267	83,23035	22,903	24,04815
19	No	36,919	35,81143	9,356	9,07532
20	No	56,799	58,50297	8,815	9,07945
21	No	61,723	58,63685	9,874	9,3803
22	No	80,051	84,05355	18,888	19,8324
23	No	69,387	67,30539	4,093	3,97021
24	No	39,74	40,9322	10,701	11,02203
25	No	97,091	92,23645	19,629	18,64755
26	No	52,502	55,1271	7,552	7,9296
27	No	85,549	82,98253	8,574	8,31678
28	No	47,909	49,34627	6,447	6,64041
29	No	62,118	59,0121	3,721	3,53495
30	No	61,588	64,6674	11,971	12,56955
31	No	68,76	70,8228	8,894	9,16082
32	No	95,394	92,53218	7,52	7,2944
33	No	68,758	65,3201	16,941	16,09395
34	No	67,555	70,93275	11,53	12,1065
35	No	93,922	96,73966	15,345	15,80535
36	No	49,277	50,75531	16,552	17,04856
37	No	64,254	61,0413	14,627	13,89565
38	No	55,279	58,04295	10,827	11,36835
39	No	74,228	72,00116	0,643	0,62371
40	No	45,89	47,2667	16,312	16,80136
41	No	72,241	68,62895	6,317	6,00115
42	No	68,522	71,9481	27,285	28,64925
43	No	50,085	51,58755	13,987	14,40661
44	No	43,892	42,57524	13,935	13,51695

45	Si	31,161	29,60295	2,659	2,52605
46	Si	13,641	14,32305	0,79	0,8295
47	Si	40,585	41,80255	12,545	12,92135
48	Si	196,751	202,65353	90,215	92,92145
49	Si	192,786	183,1467	83,763	79,57485
50	Si	90,659	95,19195	17,306	18,1713
51	Si	136,998	132,88806	42,678	41,39766
52	Si	165,678	170,64834	73,127	75,32081
53	Si	178,365	169,44675	56,092	53,2874
54	Si	76,599	80,42895	33,442	35,1141
55	Si	140,081	144,28343	51,693	53,24379
56	si	113,307	116,70621	73,641	75,85023
57	Si	79,693	75,70835	56,266	53,4527
58	Si	166,5	174,825	32,348	33,9654
59	Si	173,193	167,99721	90,74	88,0178
60	Si	135,343	139,40329	18,772	19,33516
61	Si	126,641	120,30895	24,365	23,14675
62	Si	66,085	69,38925	24,43	25,6515
63	Si	97,603	94,67491	52,09	50,5273
64	Si	53,32	54,9196	2,059	2,12077
65	Si	49,486	47,0117	28,404	26,9838
66	Si	93,376	98,0448	8,501	8,92605
67	Si	50,845	52,37035	32,666	33,64598
68	Si	48,127	46,68319	12,511	12,13567
69	Si	48,925	46,47875	21,397	20,32715
70	Si	96,891	101,73555	7,125	7,48125
71	Si	45,567	44,19999	23,523	22,81731
72	Si	98,149	101,09347	55,462	57,12586
73	Si	112,346	106,7287	85,625	81,34375

Tabla nº 10: Resultado de la ecogenicidad de las imágenes obtenidas en el estudio de las dos partes del TSE en greys.

6.3.2. ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE LA MUESTRA

Para confirmar que el tamaño muestral era suficiente y que la distribución de los valores obtenidos entraba dentro de una distribución normal, se procedió, antes de realizar ningún análisis, a la caracterización de la muestra. Los datos analizados corresponden exclusivamente a los animales sanos, estudiados en la C.V. Mi Mascota. Los resultados obtenidos se pueden encontrar en la tabla nº 11 e indican que los diferentes valores obtenidos en los diámetros tendinosos entran dentro de una distribución normal, es decir, son representativos de una población donde este valor se presentase con una distribución normal, como se supone en este caso.

Test de normalidad (Shapiro-Wilk)

SUP IZ prox	W-Statistic = 0,964	P = 0,179	Pasado
SUP IZ dist	W-Statistic = 0,959	P = 0,452	Pasado
SUP DC prox	W-Statistic = 0,951	P = 0,254	Pasado
SUP DC dist	W-Statistic = 0,956	P = 0,364	Pasado

- *Un test fallido indica que los datos varían significativamente del patrón esperado, si los datos fueran obtenidos de una población con una distribución normal.*

- *Un test pasado indica que los datos encajan con el patrón esperado, si los datos fueran obtenidos de una población con un patrón de distribución normal.*

Tabla nº 11: Test de normalidad de la dimensión tendinosa.
Todos los valores obtenidos siguen un patrón de distribución normal.

En el caso de la ecogenicidad del tendón, que también se ha medido, los resultados del análisis fueron los mostrados en la tabla nº 12 e indican que en este caso la muestra también era representativa.

Test de normalidad (Shapiro-Wilk)

grey's prox	W-Statistic = 0,975	P = 0,653	Pasado
grey's dist	W-Statistic = 0,936	P = 0,058	Pasado

- *Un test fallido indica que los datos varían significativamente del patrón esperado, si los datos fueran obtenidos de una población con una distribución normal.*

- *Un test pasado indica que los datos encajan con el patrón esperado, si los datos fueran obtenidos de una población con un patrón de distribución normal.*

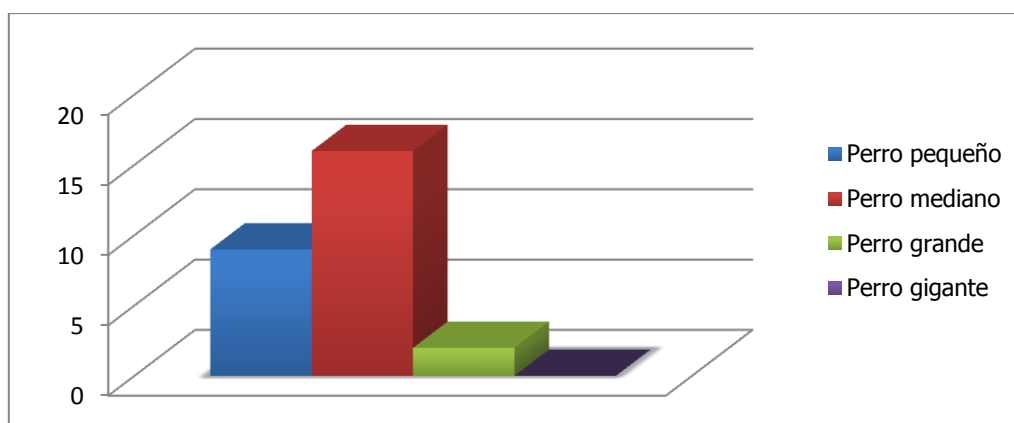
Tabla nº 12: Test de normalidad sobre la ecogenicidad tendinosa.
Los datos obtenidos siguen una distribución normal.

6.3.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS

a) Peso: Se tomaron datos de 44 animales con un intervalo de 6 a 61 Kg, valor medio de 26,22 Kg y un error estándar de 1,7. Los animales se clasificaron en cuatro grupos diferentes y su distribución se puede apreciar en la tabla nº 13 y en la gráfica nº 2.

	Número de animales
Perro pequeño	9
Perro mediano	16
Perro grande	17
Perro gigante	2

Tabla nº 13: Distribución de los animales en función del tamaño.

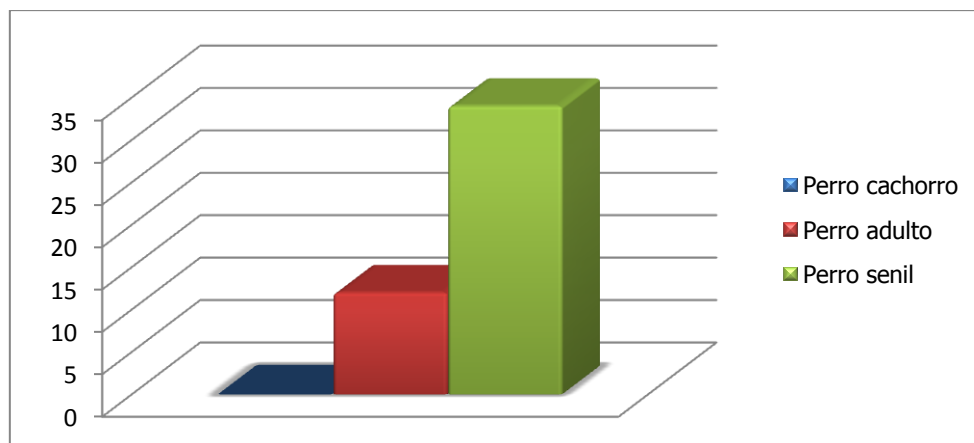


Gráfica nº 2: Distribución de los animales en función del tamaño.

b) Edad: En este estudio participaron 44 animales con un intervalo de edad de 1 a 17 años, valor medio de 9,67 años y un error estándar de 0,50. El tamaño de cada grupo es el mostrado en la tabla nº 14 y en la gráfica nº 3.

	Número de animales
Cachorro	0
Adulto	10
Senil	34

Tabla nº 14: Número de animales por cada grupo de edad.

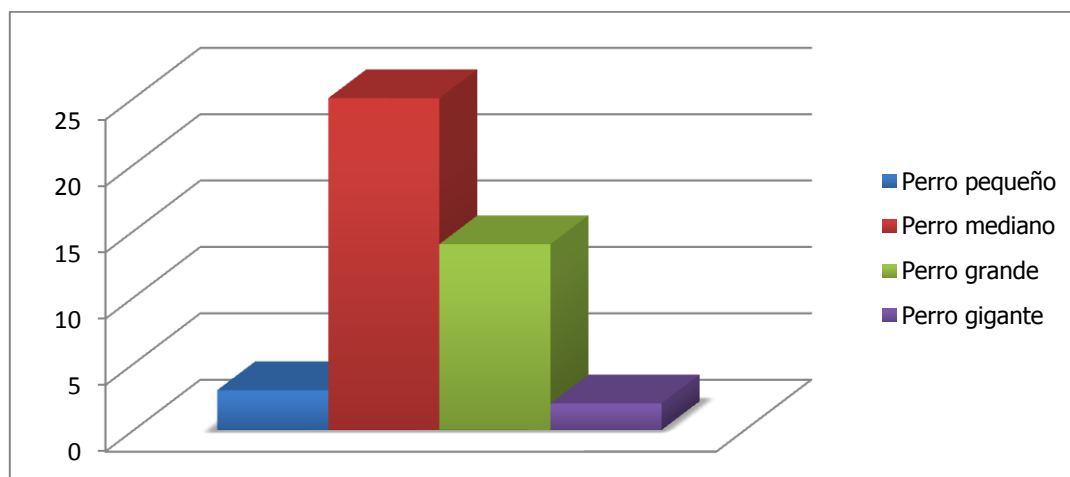


Gráfica nº 3: Distribución de los animales por cada grupo de edad.

c) Altura a la cruz: En este estudio participaron 44 animales con un intervalo de 22 a 75 cm medidos desde la zona interescapular al suelo, valor medio de 48,20 cm y un error estándar de 1,68 (Tabla nº 15y gráfica nº 4).

	Número de animales
Perro pequeño	3
Perro mediano	25
Perro grande	14
Perro gigante	2

Tabla nº 15: Tamaño de grupo por altura.

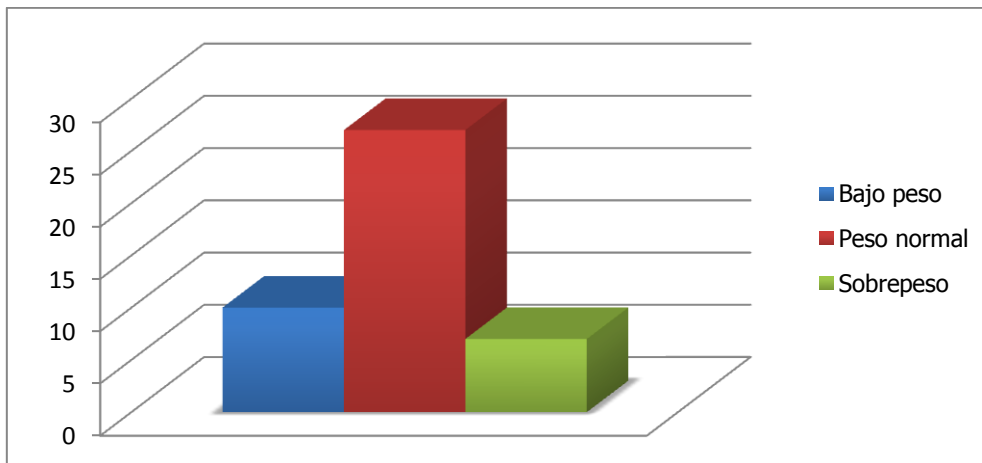


Gráfica nº 4: Distribución de los animales por altura.

d) Condición corporal: Los animales se repartieron en los subgrupos bajo peso, peso normal y sobrepeso. Al no poseer unos valores de referencia, se decidió hacer una distribución normal de los valores obtenidos con un intervalo de confianza del 65,4%. Con los resultados obtenidos se tiene un tamaño de cada grupo como se muestra en la tabla nº 16 y en la gráfica nº 5.

	Número de animales
Bajo peso	10
Peso normal	27
Sobrepeso	7

Tabla nº 16: Distribución de los animales por IMC.

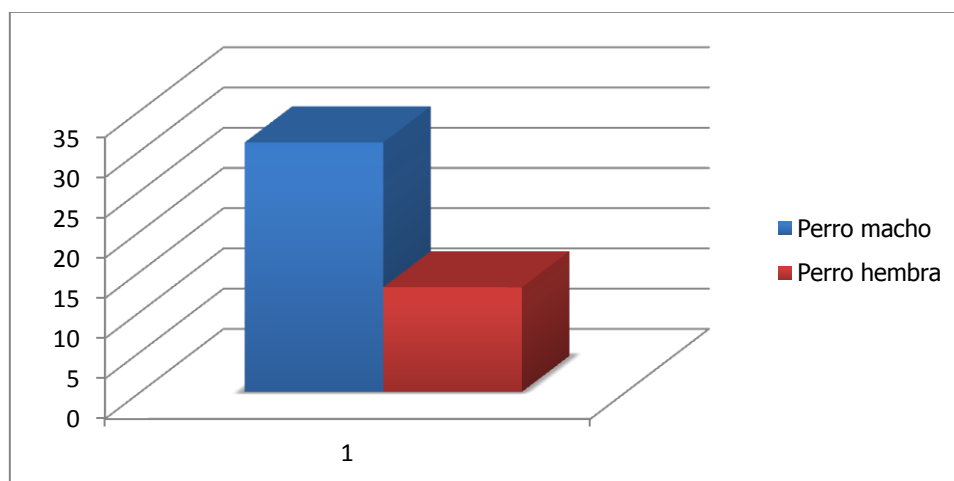


Gráfica nº 5: Distribución de los animales por IMC.

e) Sexo: En esta variable había dos subgrupos, hembras y machos, en los que se clasificó a los 44 individuos del estudio (Tabla nº 17 y gráfica nº 6).

	Número de animales
Macho	31
Hembra	13

Tabla nº 17: Distribución por sexo.

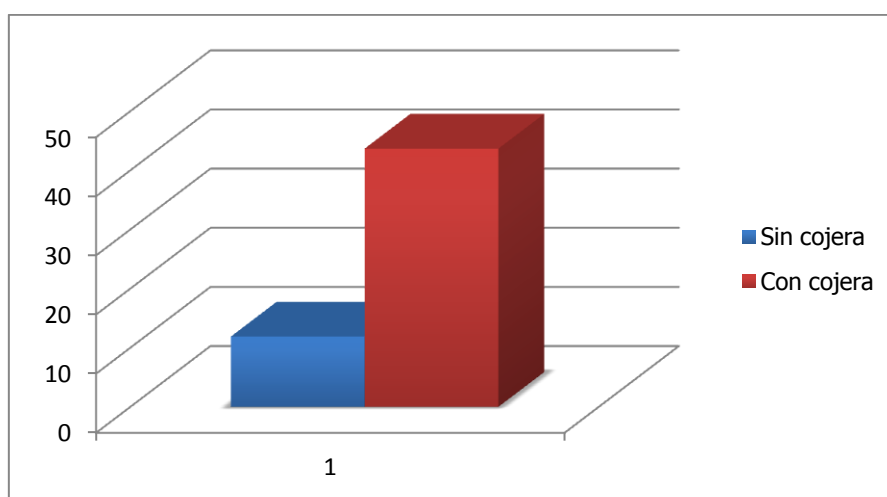


Gráfica nº 6: Distribución de los animales por sexo.

f) Presencia de cojera: Se repartieron en subgrupos positivo y negativo. Este es el único caso en el que se utilizan los datos de los animales clínicamente enfermos, procedentes del HCVC de la UCM. Estos se comparan con los valores medios de los animales teóricamente sanos. En función de esta variable, la distribución de los animales dio lugar a los tamaños muestrales mostrados en la tabla nº 18 y en la gráfica nº 7.

	Presencia de cojera
Positivo	29
Negativo	44

Tabla nº 18: Distribución en función de la cojera.



Gráfica nº 7: Distribución de los animales por presencia de cojera.

6.3.4. VALORES MEDIOS DEL DIÁMETRO TENDINOSO

Los valores medios obtenidos para el diámetro en cada una de las porciones fueron:

- Diámetro tendinoso en la porción proximal: 1,93 mm \pm 0,135 mm.
- Diámetro tendinoso en la porción distal: 6,395 mm \pm 0,670 mm.

6.3.5. VALORES MEDIOS DE ECOGENICIDAD TENDINOSA

Los valores medios obtenidos para el ecogenicidad tendinosa en cada una de las porciones fueron:

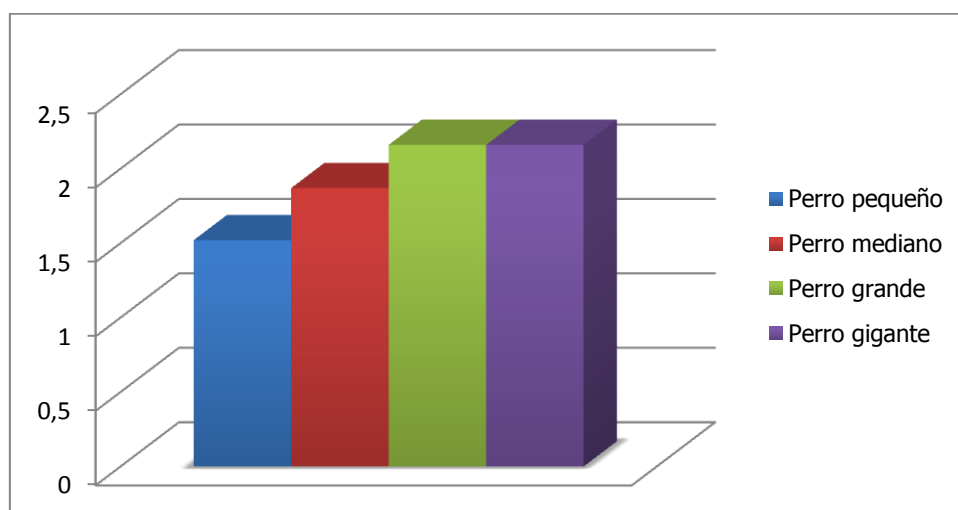
- Ecogenicidad tendinosa en la porción proximal: 60,16 greys \pm 5,8 greys.
- Ecogenicidad tendinosa en la porción distal: 11,87 greys \pm 2,52 greys.

6.3.6. VALORES MEDIOS DEL DIÁMETRO TENDINOSO EN REGIÓN PROXIMAL EN FUNCIÓN DEL FACTOR ANALIZADO

6.3.6.1. Valores medios obtenidos en función del peso:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función del peso fueron (Gráfica nº 8):

- Perro pequeño: 1,52 mm \pm 0,16 mm.
- Perro mediano: 1,87 mm \pm 0,21 mm.
- Perro grande: 2,16 mm \pm 0,16 mm.
- Perro gigante: 2,16 mm \pm 0,68 mm.

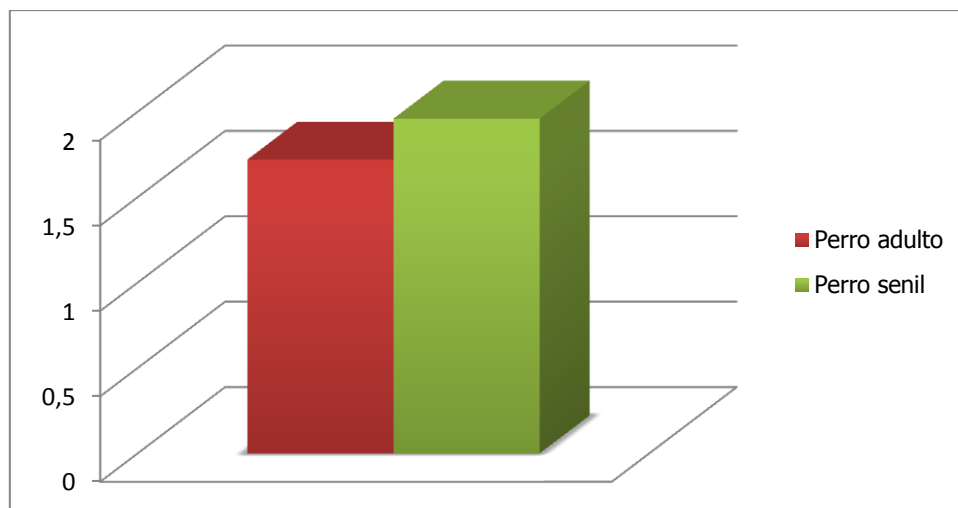


Gráfica nº 8: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal en función del peso.

6.3.6.2. Valores medios obtenidos en función de la edad:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal para cada uno de los grupos en función de la edad fueron (Gráfica nº 9):

- Perro adulto: 1,72 mm \pm 0,16 mm.
- Perro senil: 1,96 mm \pm 0,16 mm.

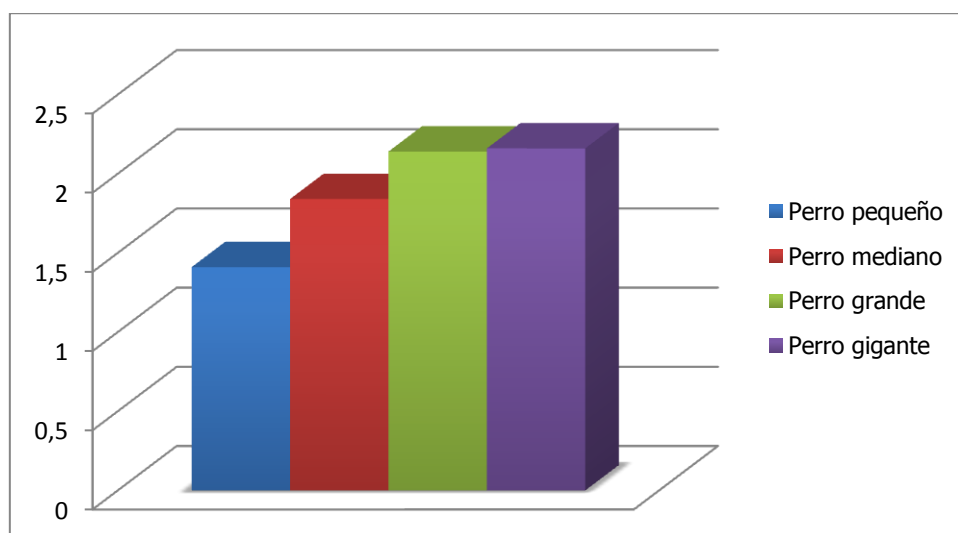


Gráfica nº 9: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal en función de la edad.

6.3.6.3. Valores medios obtenidos en función de la altura:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la altura fueron (Gráfica nº 10):

- Perro pequeño: 1,41 mm \pm 0,31 mm.
- Perro mediano: 1,84 mm \pm 0,16 mm.
- Perro grande: 2,14 mm \pm 0,18 mm.
- Perro gigante: 2,16 mm \pm 0,68 mm.

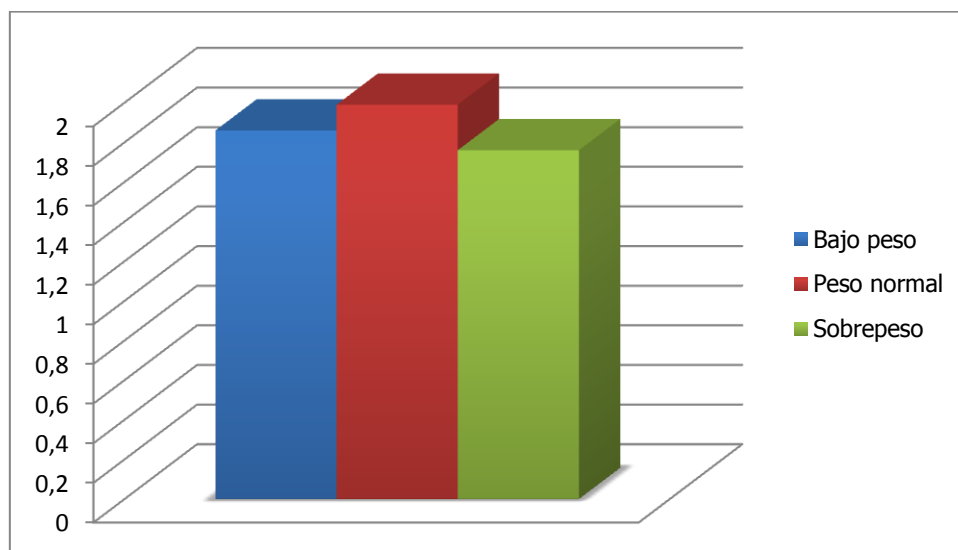


Gráfica nº 10: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal en función de la altura.

6.3.6.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal para cada uno de los grupos en función de la condición corporal fueron (Gráfica nº 11):

- Perro de bajo peso: 1,86 mm \pm 0,26 mm.
- Perro de peso normal: 1,99 mm \pm 0,17 mm.
- Perro con sobrepeso: 1,76 mm \pm 0,23 mm.

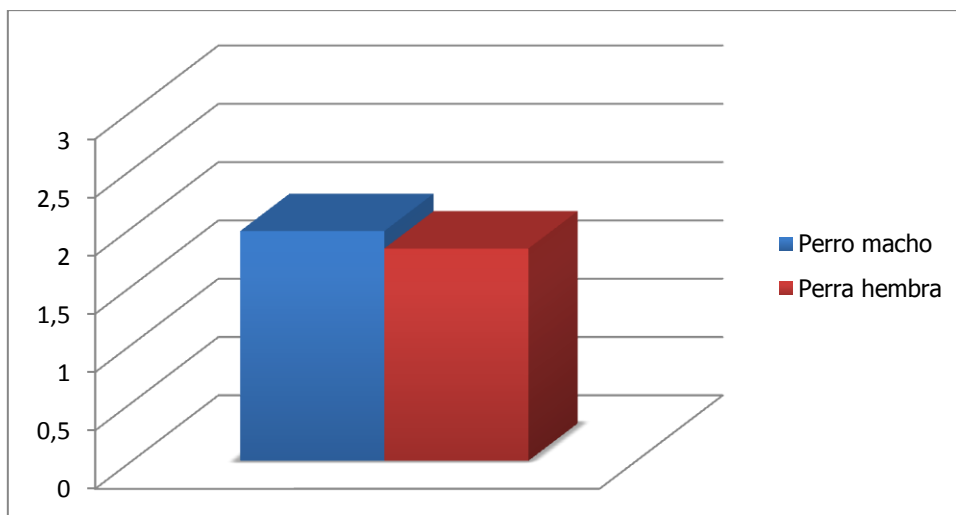


Gráfica nº 11: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal en función de la condición corporal.

6.3.6.5. Valores medios obtenidos en función del sexo:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función del sexo fueron (Gráfica nº 12):

- Perro macho: 1,97 mm \pm 0,12 mm.
- Perra hembra: 1,82 mm \pm 0,30 mm.

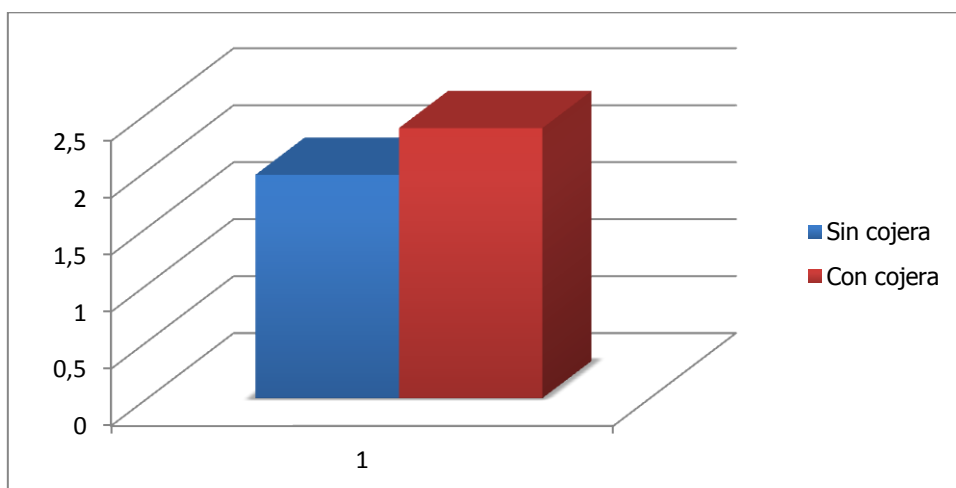


Gráfica nº 12: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal en función del sexo.

6.3.6.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la cojera fueron (Gráfica nº 13):

- Perro sin cojera: 1,96 mm \pm 0,13 mm.
- Perro con cojera: 2,37 mm \pm 0,27 mm.



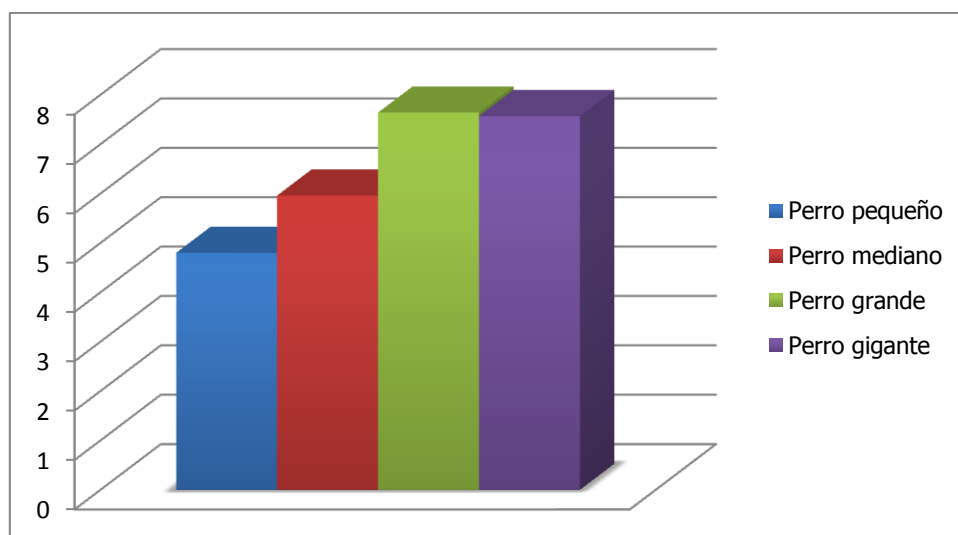
Gráfica nº 13: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región proximal en función de la presencia de cojera.

6.3.7. VALORES MEDIOS DEL DIÁMETRO TENDINOSO EN REGIÓN DISTAL EN FUNCIÓN DEL FACTOR ANALIZADO

6.3.7.1. Valores medios obtenidos en función del peso:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal obtenidos para cada uno de los grupos en función del peso fueron (Gráfica nº 14):

- Perro pequeño: 4,80 mm \pm 0,55 mm.
- Perro mediano: 5,96 mm \pm 0,55 mm.
- Perro grande: 7,64 mm \pm 0,92 mm.
- Perro gigante: 7,57 mm \pm 0,00 mm.

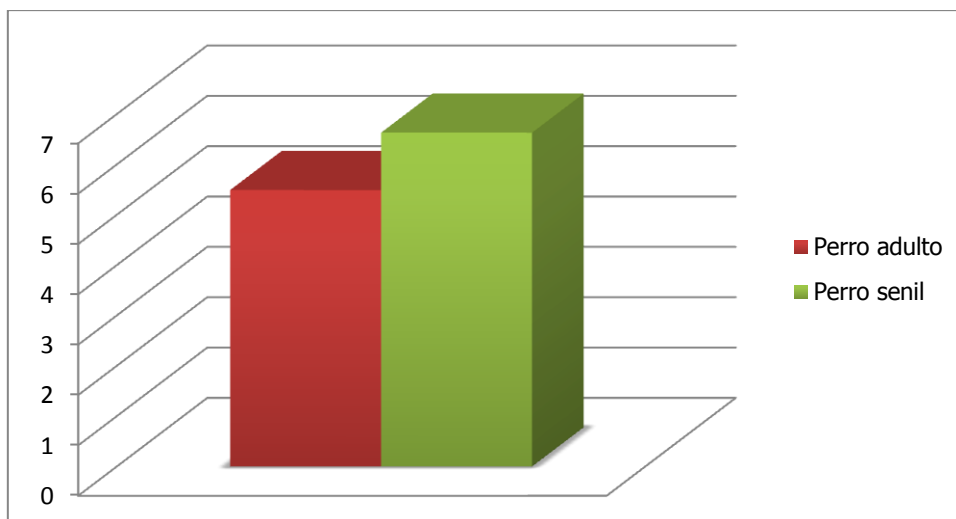


Gráfica nº 14: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal en función del peso.

6.3.7.2. Valores medios obtenidos en función de la edad:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la edad fueron (Gráfica nº 15):

- Perro adulto: 5,49 mm \pm 1,11 mm.
- Perro senil: 6,63 mm \pm 0,69 mm.

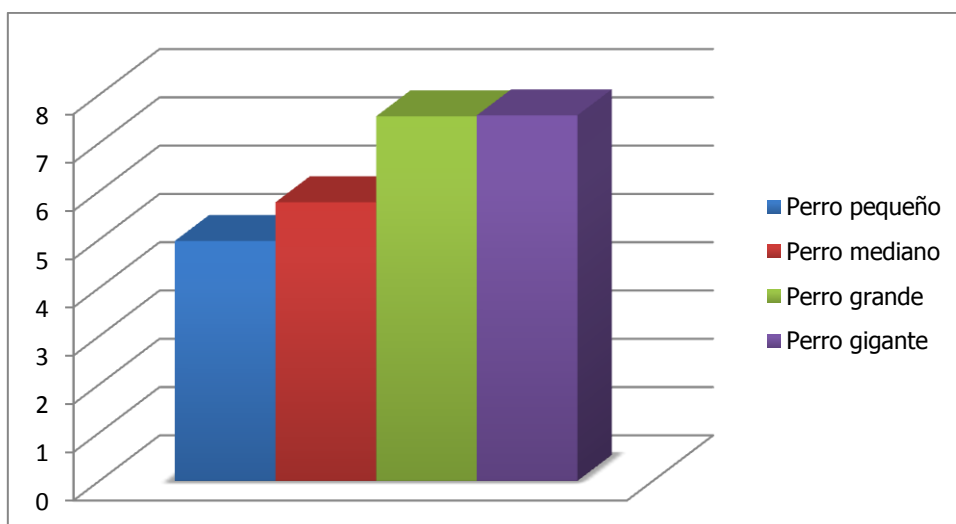


Gráfica nº 15: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal en función del peso.

6.3.7.3. Valores medios obtenidos en función de la altura:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la altura fueron (Gráfica nº 16):

- Perro pequeño: 4,97 mm \pm 2,94 mm.
- Perro mediano: 5,77 mm \pm 0,49 mm.
- Perro grande: 7,55 mm \pm 0,99 mm.
- Perro gigante: 7,57 mm \pm 0,00 mm.

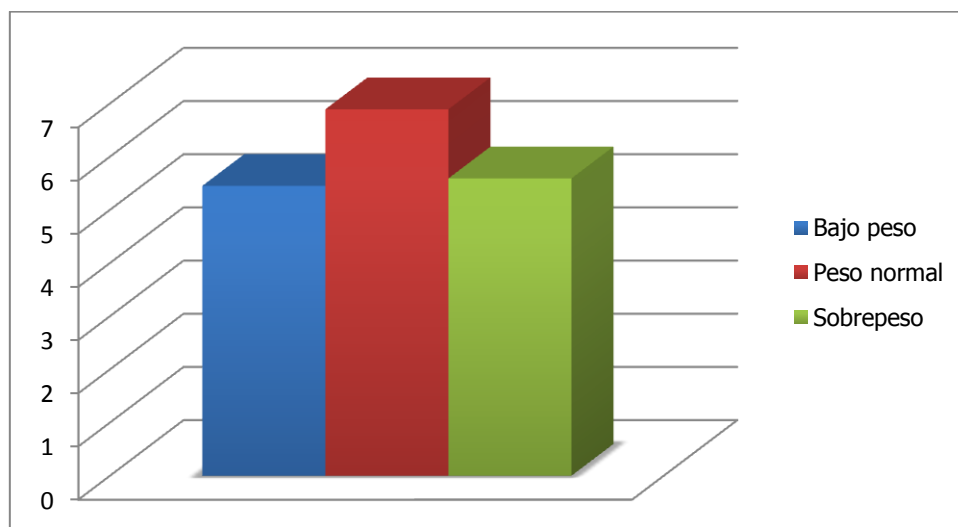


Gráfica nº 16: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal en función de la altura.

6.3.7.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la condición corporal (Gráfica nº 17):

- Perro de bajo peso: 5,45 mm \pm 0,69 mm.
- Perro de peso normal: 6,89 mm \pm 0,76 mm.
- Perro con sobrepeso: 5,59 mm \pm 0,65 mm.

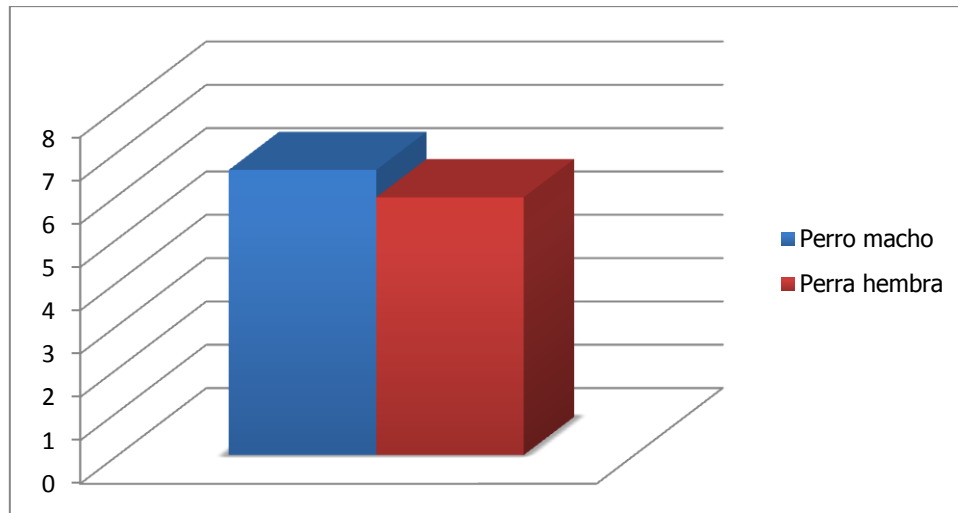


Gráfica nº 17: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal en función de la condición corporal.

6.3.7.5. Valores medios obtenidos en función del sexo:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal obtenidos para cada uno de los grupos en función del sexo fueron (Gráfica nº 18):

- Perro macho: 6,58 mm \pm 0,60 mm.
- Perra hembra: 5,95 mm \pm 1,32 mm.

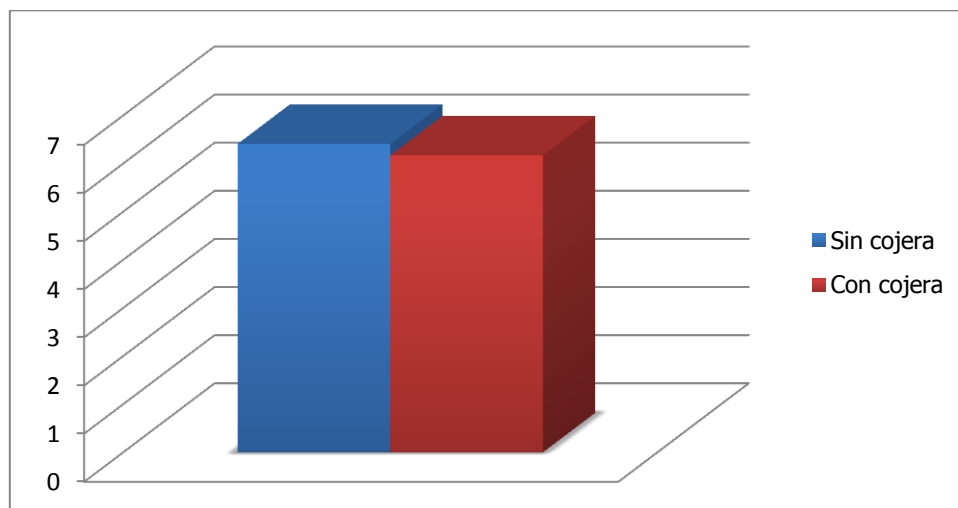


Gráfica nº 18: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal en función del sexo.

6.3.7.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera:

Los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la presencia de cojera fueron (Gráfica nº 19):

- Perro sin cojera: 6,41 mm \pm 0,59 mm.
- Perro con cojera: 6,17 mm \pm 1,17 mm.



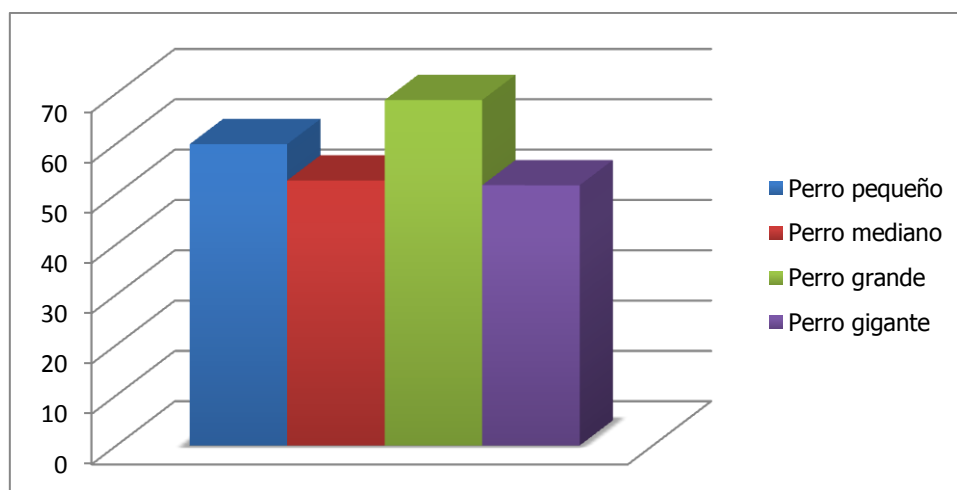
Gráfica nº 19: Distribución de los valores medios del diámetro tendinoso en la región distal en función de la presencia de cojera.

6.3.8. VALORES MEDIOS DE LA ECOGENICIDAD EN PORCIÓN PROXIMAL EN FUNCIÓN DEL FACTOR ANALIZADO

6.3.8.1. Valores medios obtenidos en función del peso:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función del peso fueron (Gráfica nº 20):

- Perro pequeño: 59,87 greys \pm 18,60 greys.
- Perro mediano: 52,67 greys \pm 8,26 greys.
- Perro grande: 68,65 greys \pm 8,26 greys.
- Perro gigante: 51,72 greys \pm 10,36 greys.

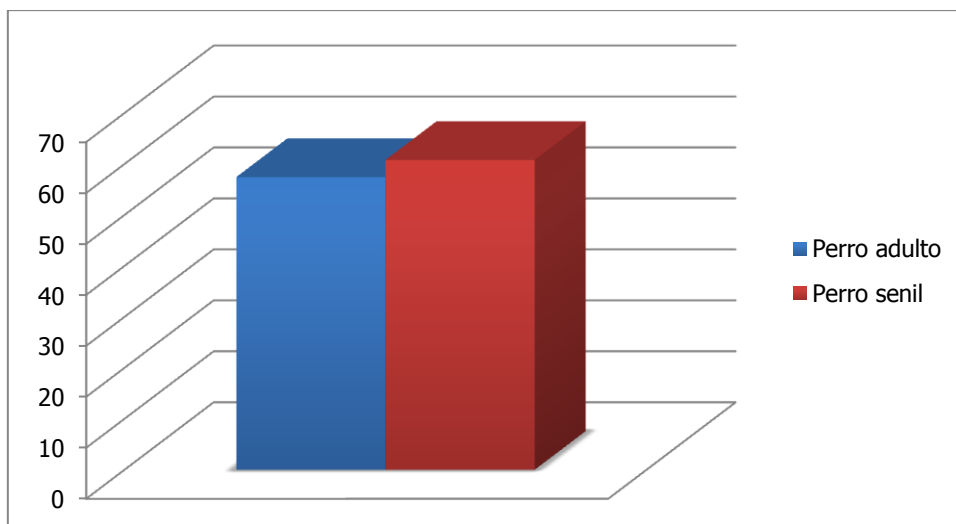


Gráfica nº 20: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función del peso.

6.3.8.2. Valores medios obtenidos en función de la edad:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la edad fueron (Gráfica nº 21):

- Perro adulto: 57,45 greys \pm 13,04 greys.
- Perro senil: 60,80 greys \pm 6,67 greys.

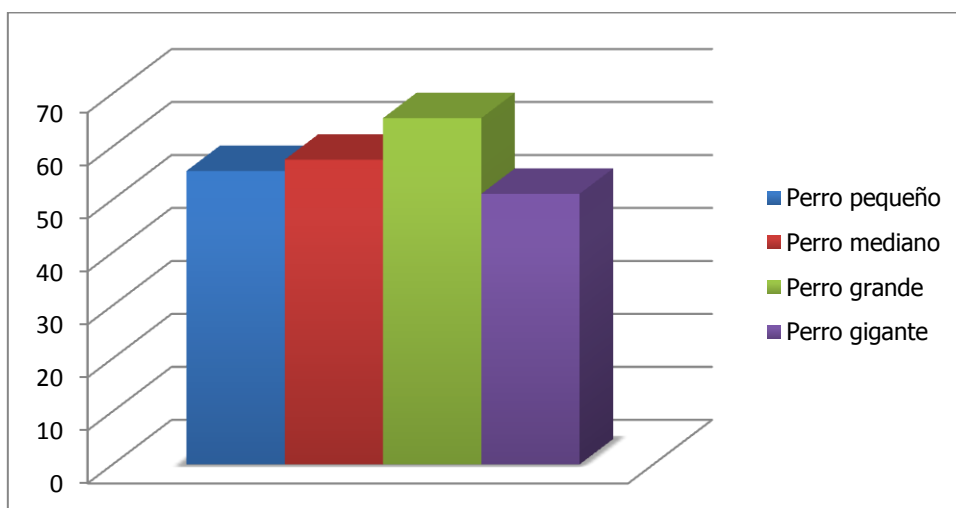


Gráfica nº 21: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función de la edad.

6.3.8.3. Valores medios obtenidos en función de la altura:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la altura fueron (Gráfica nº 22):

- Perro pequeño: 55,39 greys \pm 24,32 greys.
- Perro mediano: 57,52 greys \pm 8,24 greys.
- Perro grande: 65,36 greys \pm 8,88 greys.
- Perro gigante: 51,07 greys \pm 5,18 greys.

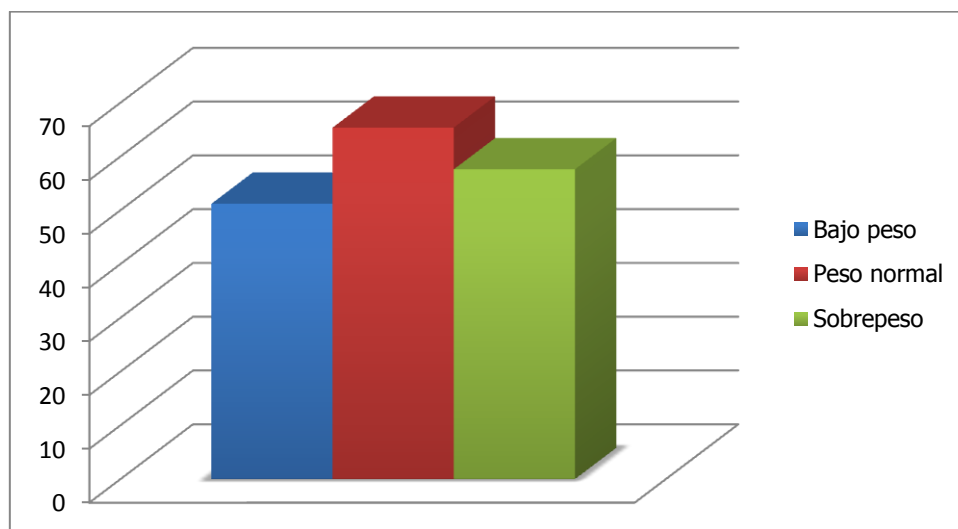


Gráfica nº 22: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función de la altura.

6.3.8.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la condición corporal fueron (Gráfica nº 23):

- Perro de bajo peso: 51,20 greys \pm 12,46 greys.
- Perro de peso normal: 65,36 greys \pm 6,92 greys.
- Perro con sobrepeso: 57,60 greys \pm 6,72 greys.

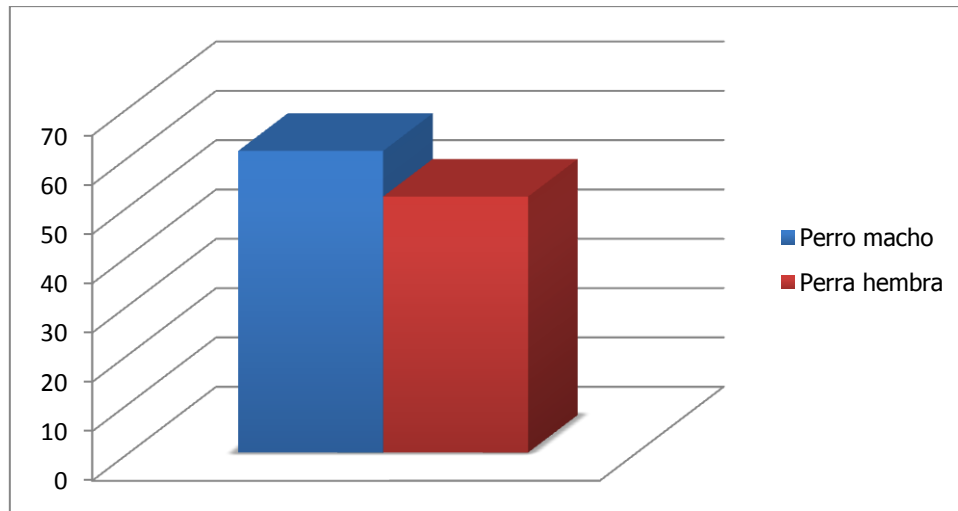


Gráfica nº 23: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función de la composición corporal.

6.3.8.5. Valores medios obtenidos en función del sexo:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función del sexo fueron (Gráfica nº 24):

- Perro macho: 61,16 greys \pm 7,04 greys.
- Perra hembra: 51,91 greys \pm 6,70 greys.

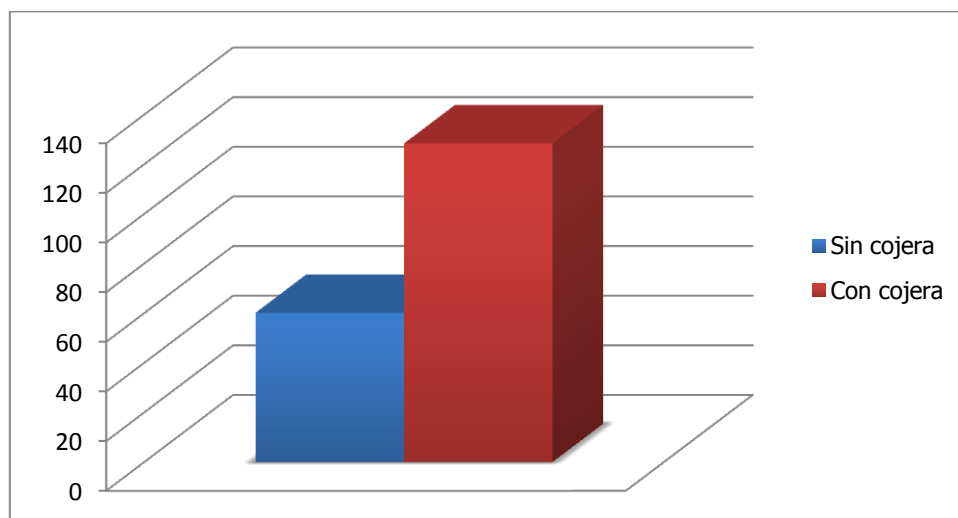


Gráfica nº 24: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función del sexo.

6.3.8.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la presencia de cojera fueron (Gráfica nº 25):

- Perro sin cojera: 60,16 greys \pm 5,80 greys.
- Perro con cojera: 128,39 greys \pm 12,94 greys.



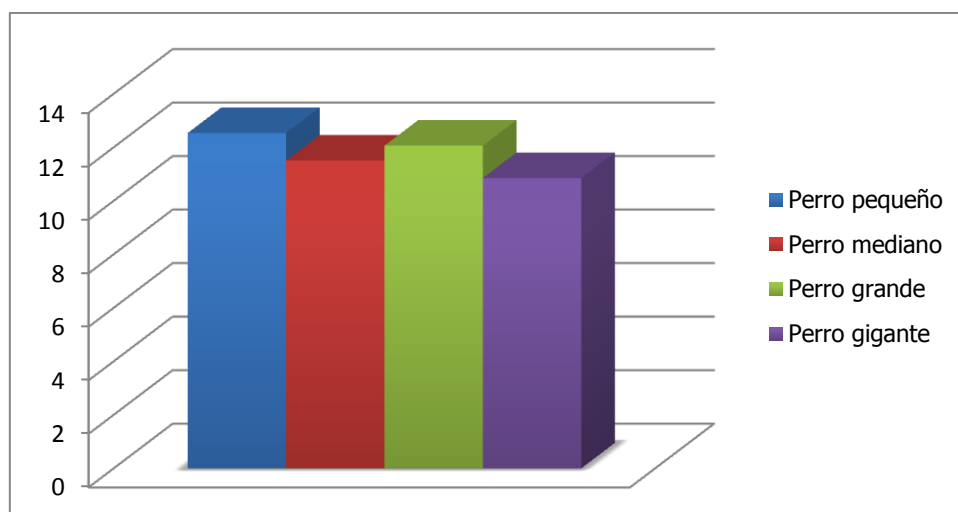
Gráfica nº 25: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función de la presencia de cojera.

6.3.9. VALORES MEDIOS DE LA ECOGENICIDAD EN PORCIÓN DISTAL EN FUNCIÓN DEL FACTOR ANALIZADO

6.3.9.1. Valores medios obtenidos en función del peso:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción distal obtenidos para cada uno de los grupos en función del peso fueron (Gráfica nº 26):

- Perro pequeño: 12,53 greys \pm 1,64 greys.
- Perro mediano: 11,50 greys \pm 1,90 greys.
- Perro grande: 12,06 greys \pm 4,92 greys.
- Perro gigante: 10,85 greys \pm 10,92 greys.

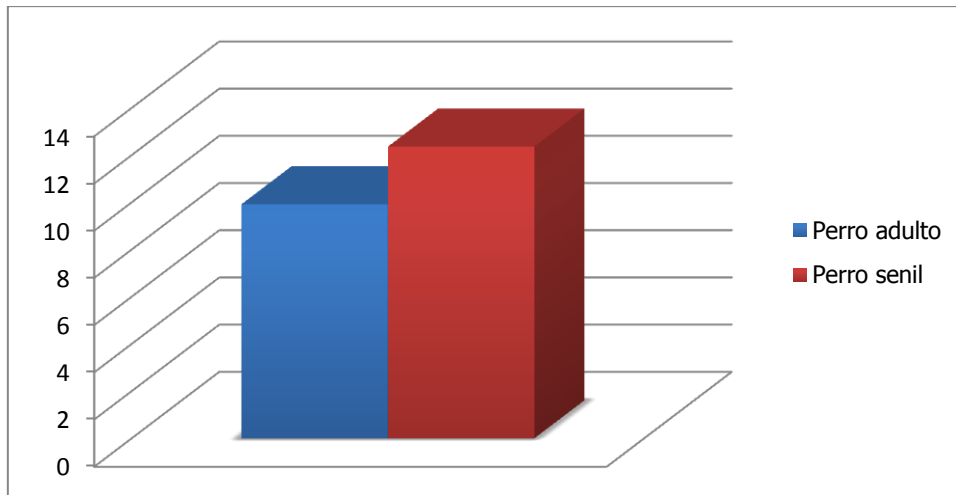


Gráfica nº 26: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función del peso.

6.3.9.2. Valores medios obtenidos en función de la edad:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la edad fueron (Gráfica nº 27):

- Perro adulto: 9,92 greys \pm 3,64 greys.
- Perro senil: 12,36 greys \pm 3,18 greys.

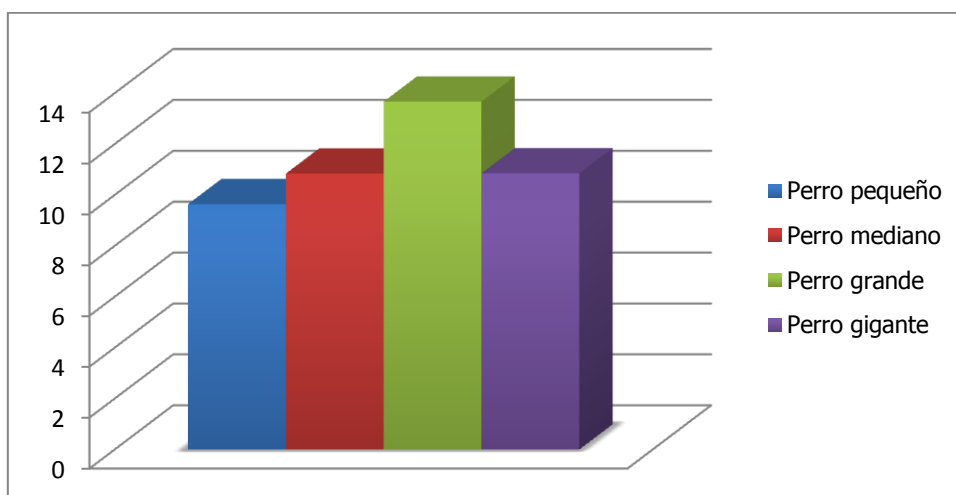


Gráfica nº 27: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función de la presencia de la edad.

6.3.9.3. Valores medios obtenidos en función de la altura:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la altura fueron (Gráfica nº 28):

- Perro pequeño: 9,64 greys \pm 3,72 greys.
- Perro mediano: 10,84 greys \pm 2,24 greys.
- Perro grande: 13,67 greys \pm 5,74 greys.
- Perro gigante: 10,85 greys \pm 10,92 greys.

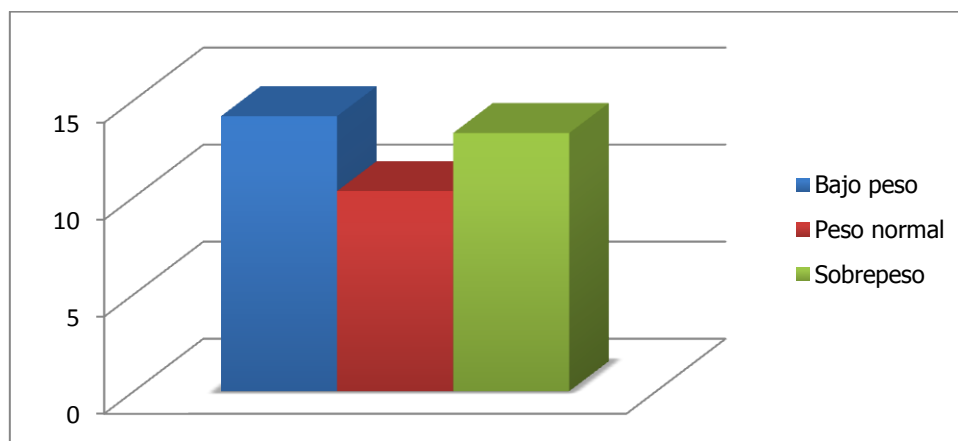


Gráfica nº 28: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función de la altura.

6.3.9.4. Valores medios obtenidos en función de la condición corporal:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la condición corporal fueron (Gráfica nº 29):

- Perro de bajo peso: 14,17 greys \pm 4,60 greys.
- Perro de peso normal: 10,31 greys \pm 3,55 greys.
- Perro con sobrepeso: 13,30 greys \pm 5,24 greys.

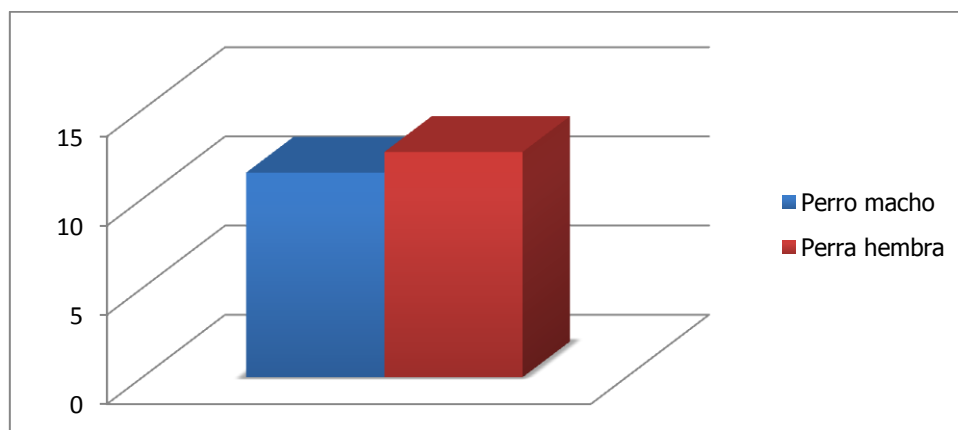


Gráfica nº 29: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función de la condición corporal.

6.3.9.5. Valores medios obtenidos en función del sexo:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción distal obtenidos para cada uno de los grupos en función del sexo fueron (Gráfica nº 30):

- Perro macho: 11,47 greys \pm 2,89 greys.
- Perra hembra: 12,63 greys \pm 6,22 greys.

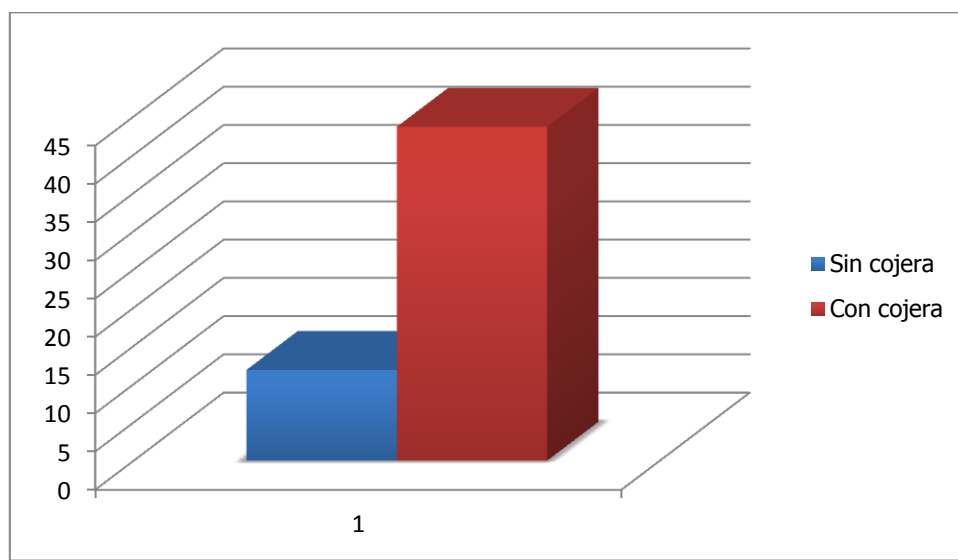


Gráfica nº 30: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función del sexo.

6.3.9.6. Valores medios obtenidos en función de la presencia de cojera:

Los valores medios de la ecogenicidad en la porción distal obtenidos para cada uno de los grupos en función de la presencia de cojera fueron (Gráfica nº 31):

- Perro sin cojera: 11,87 greys \pm 2,52 greys.
- Perro con cojera: 43,66 greys \pm 7,66 greys.



Gráfica nº 31: Distribución de los valores medios de la ecogenicidad en la porción proximal en función del sexo.

6.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL DIÁMETRO TENDINOSO

6.4.1.1. Diferencia estadística entre hombro izquierdo y derecho

Antes de analizar los diferentes factores y grupos, se procedió a confirmar la no existencia de diferencias entre los tendones izquierdo y derecho, con el fin de simplificar la exposición de resultados (Tabla nº 19).

Mann-Whitney Rank Sum Test

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
SUP IZ prox	44	0	1,800	1,650	2,160
SUP DC prox	44	0	1,860	1,762	2,175

Mann-Whitney U Statistic= 835,000

$T = 1781,000$ n (pequeña)= 43 n (grande)= 44 ($P = 0,348$)

La diferencia en los valores medios entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,348$).

Mann-Whitney Rank Sum Test

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
SUP DC dist	44	0	6,575	5,450	8,117
SUP IZ dist	44	0	6,060	4,570	6,650

Mann-Whitney U Statistic= 212,000

$T = 488,000$ n (pequeña)= 23 n (grande)= 24 ($P = 0,176$)

La diferencia en los valores medios entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,176$).

Tabla nº 19: Análisis estadístico de los resultados.

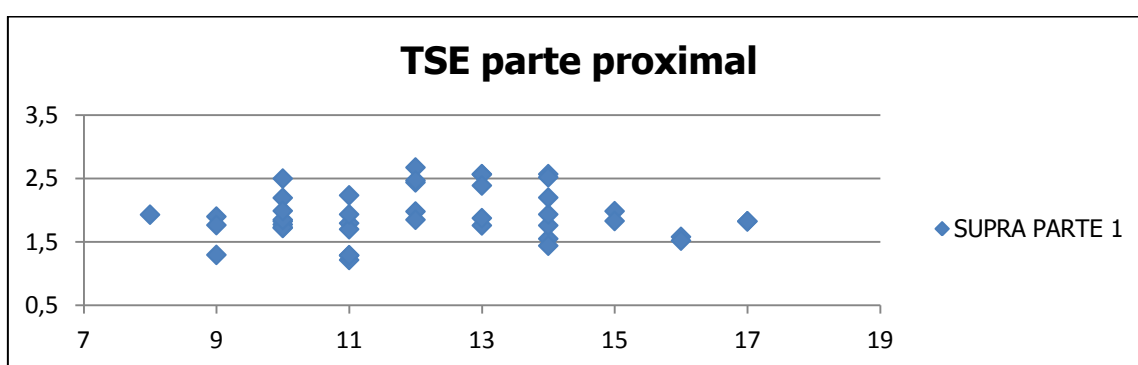
Este análisis confirma que **no existen diferencias significativas entre los tendones de ambos hombros**. Tras esto, se reduce el análisis de los datos a los valores medios de tendón, sin importar si se trata del tendón izquierdo o derecho.

6.4.1.2. Gráficas de dispersión de los resultados estadísticos

En ese apartado se van a representar gráficamente los datos estadísticos obtenidos, con el objetivo de encontrar un patrón de comportamiento de los resultados en función de cada factor de influencia analizado (Gráficas nº 32 a37).

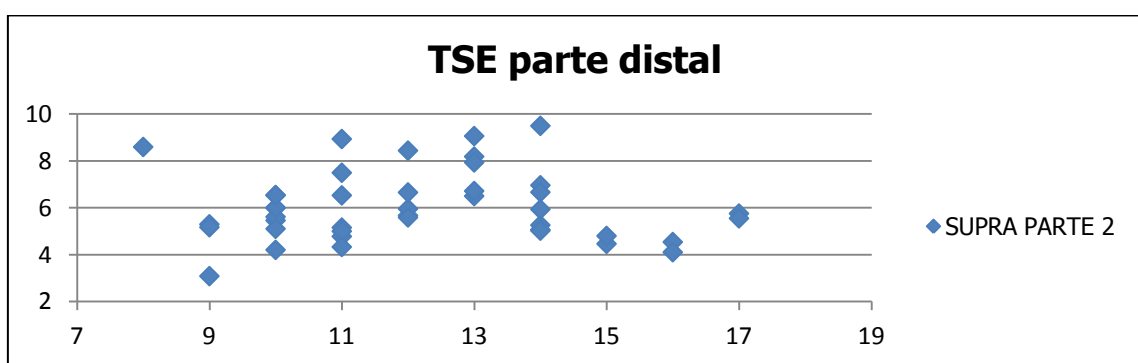
a) Representación de la edad:

- Parte proximal:



Gráfica nº 32: Distribución del diámetro del TSE en su parte proximal en función de la edad.

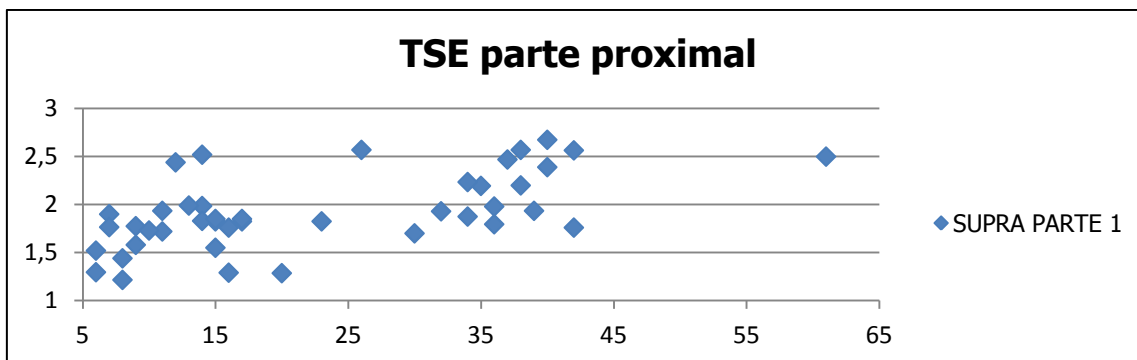
- Parte distal:



Gráfica nº 33: Distribución del diámetro del TSE en su parte distal en función de la edad.

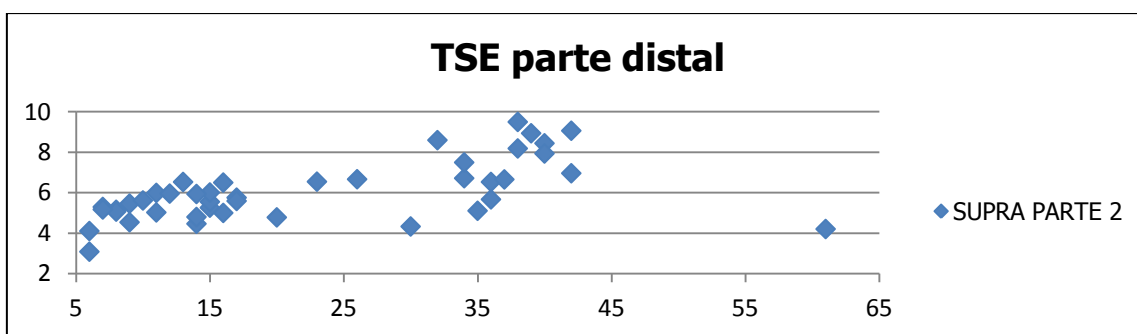
b) Representación del peso:

- Parte proximal:



Gráfica n° 34: Diagrama de dispersión de los valores del TSE en su porción proximal en función del peso del animal.

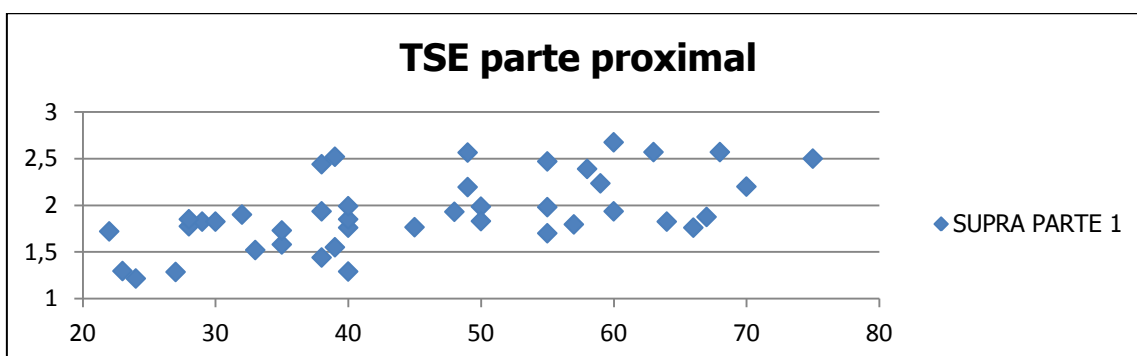
- Parte distal:



Gráfica n° 35: Diagrama de dispersión de los valores del TSE en su porción distal en función del peso del animal.

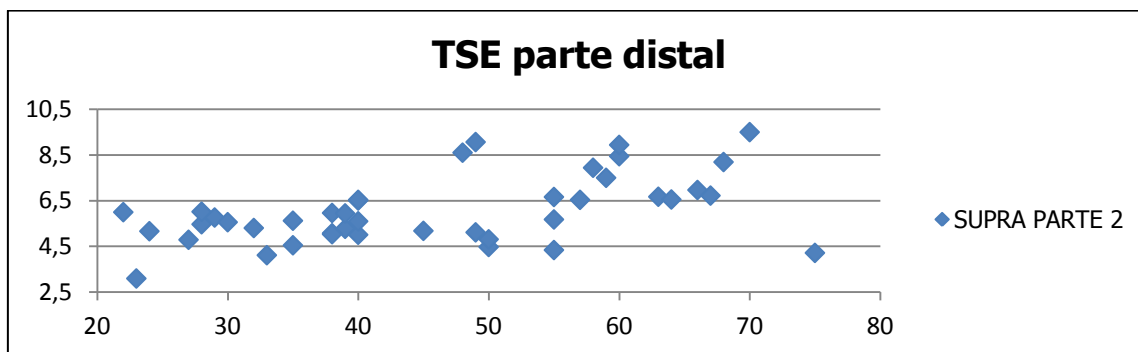
c) Representación de la altura:

- Porción proximal:



Gráfica nº 36: Dispersión del TSE en su parte proximal en función de la altura.

- Porción distal:



Gráfica nº 37: Dispersión del TSE en su porción distal en relación con la altura.

En todas las gráficas representadas se observa un patrón de distribución homogéneo. La mayoría de los resultados están agrupados alrededor de un valor medio representativo, típico de una muestra normalizada.

6.4.1.3. Análisis de correlación de las variables numéricas

En este punto se van a analizar las posibles relaciones entre las distintas variables y medidas obtenidas. Cada valor obtenido se comparará con el resto. Los resultados obtenidos con el programa Sigma Plot® son los mostrados en la tabla nº 20.

El análisis utilizado es el de Pearson. Las relaciones más destacadas son las siguientes:

- *La edad no tiene relación con ninguna de las otras variables, ni con las medidas obtenidas.*
- *El peso se relaciona con la altura y las medidas obtenidas.*
- *La altura se relaciona con las medidas obtenidas y el peso.*
- *El IMC no se relaciona con ninguna de las medidas ni variables.*
- *Las regiones del TSE no se relacionan entre sí.*

Pearson Product Moment Correlation					
	PESO	ALTURA	IMC	SUPRA prox	SUPRA dist
EDAD	-0,0684	0,0293	-0,128	0,0492	-0,152
P value	0,659	0,85	0,407	0,751	0,413
N	44	44	44	44	44
PESO		0,849	0,118	0,493	0,35
P value		3,34E-13	0,447	0,000671	0,0537
N		44	44	44	44
ALTURA			-0,353	0,503	0,524
P value			0,0186	0,0005	0,00251
N			44	44	44
IMC				-0,0829	-0,289
P value				0,593	0,115
N				44	44
SUPRA prox					0,286
P value					0,119
N					44
<i>El par de variables con correlación positiva y P values por debajo de 0,05 tienden a crecer juntas. Para el par de variables con correlación negativa y P value menor de 0,05, una variable tiende a decrecer mientras la otra se incrementa. Para pares con P value mayor de 0,05 no existe una relación estadísticamente significativa entre ambas variables.</i>					

Tabla nº 20: Correlación entre las diferentes variables numéricas.

6.4.1.4. Influencia de los factores estudiados sobre los valores obtenidos

Se procedió a analizar por separado cada una de las variables medidas y su relación o influencia con los resultados obtenidos con el programa Sigma Plot®. Los factores numéricos se analizaron comparando los diferentes grupos creados:

- Influencia del factor sexo (Tabla nº 21).
- Influencia del factor cojera (Tabla nº 22).
- Influencia del factor edad (Tabla nº 23).
- Influencia del factor peso (Tabla nº 24).
- Influencia del factor altura (Tabla nº 25).
- Influencia del factor IMC (Tabla nº 26).

a) Análisis de la influencia del sexo:

Los resultados obtenidos en este análisis se pueden observar en la tabla nº 21.

<i>Sexo / porción proximal</i>					
<i>Mann-Whitney Rank Sum Test</i>					
<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Perdidos</i>	<i>Mediana</i>	<i>25%</i>	<i>75%</i>
<i>MACHO</i>	<i>31</i>	<i>0</i>	<i>1,850</i>	<i>1,765</i>	<i>2,200</i>
<i>HEMBRA</i>	<i>13</i>	<i>0</i>	<i>1,720</i>	<i>1,293</i>	<i>2,162</i>
<i>Mann-Whitney U Statistic= 146,000</i>					
<i>T = 237,000 n (pequeño)= 13 n (grande)= 31 (P = 0,157)</i>					
<i>La diferencia en los valores de mediana entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida al azar. No existe diferencia estadísticamente significativa (P = 0,157).</i>					
<i>Sexo / porción distal</i>					
<i>Mann-Whitney Rank Sum Test</i>					
<i>Grupo</i>	<i>N</i>	<i>Perdidos</i>	<i>Mediana</i>	<i>25%</i>	<i>75%</i>
<i>MACHO</i>	<i>31</i>	<i>0</i>	<i>5,050</i>	<i>3,232</i>	<i>6,788</i>
<i>HEMBRA</i>	<i>13</i>	<i>0</i>	<i>4,160</i>	<i>2,535</i>	<i>4,668</i>
<i>Mann-Whitney U Statistic = 65,000</i>					
<i>T = 110,000 n (pequeño)= 13 n (grande)= 31 (P = 0,145)</i>					
<i>La diferencia en los valores de mediana entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida al azar. No existe diferencia estadísticamente significativa (P = 0,145).</i>					

Tabla nº 21: Análisis del factor sexo y su influencia en el diámetro del TSE.

Según el análisis estadístico, **el sexo no influye** en ninguno de los valores obtenidos.

b) Análisis del factor cojera:

Los resultados obtenidos en este análisis se pueden observar en la tabla nº 22.

Cojera / porción proximal					
Mann-Whitney Rank Sum Test					
Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
SI	29	0	2,345	1,853	2,941
NO	44	0	1,850	1,727	2,209
Mann-Whitney U Statistic= 384,000					
$T = 1488,000$ n (pequeño)= 37 n (grande)= 44 ($P = 0,002$)					
La diferencia entre los valores de mediana de los dos grupos es mayor de la esperada por azar; hay una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,002$).					
Cojera / porción distal					
Normality Test (Shapiro-Wilk)					
Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
SI	29	0	8,167	2,276	0,588
NO	44	0	6,415	1,597	0,297
Diferencia	1,751				
$t = 2,975$ con 42 grados de libertad. ($P = 0,005$)					
Intervalo de confianza del 95% para la diferencia entre medias: 0,563 a 2,939					
La diferencia entre los valores medios de los dos grupos es mayor de la espera por azar; hay una diferencia estadísticamente ($P = 0,005$).					

Tabla nº 22: Análisis del factor cojera y su influencia en el diámetro del TSE.

Los resultados estadísticos demuestran que **la cojera influye en todas las regiones medidas del tendón de inserción del M. supraespinoso.**

c) Análisis del factor edad:

Los resultados obtenidos en este análisis se pueden observar en la tabla nº 23.

Edad / porción proximal

Test de normalidad (Shapiro-Wilk)

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
ADULTO	10	0	1,717	0,260	0,0821
VIEJO	34	0	1,965	0,487	0,0835

Diferencia -0,248

t = -1,542 con 42 grados de libertad. (P = 0,131)

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia entre medias: -0,574 a 0,0767

La diferencia en los valores medios entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa (P = 0,131).

Edad / porción distal

Test de normalidad (Shapiro-Wilk)

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
ADULTO	10	0	5,488	1,673	0,558
VIEJO	34	0	6,633	1,630	0,347

Diferencia -1,145

t = -1,762 con 42 grados de libertad. (P = 0,089)

Intervalo de confianza del 95% para la diferencia entre medias: -2,474 a 0,184

La diferencia en los valores medios entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa (P = 0,089).

Poder del test llevado a cabo con alpha = 0,050: 0,274

Tabla nº 23: Análisis del factor edad y su influencia en el diámetro del TSE.

Según los resultados obtenidos, no existe diferencia en los resultados entre animales adultos y seniles. **La edad no influye en el diámetro tendinoso.**

d) Análisis del factor peso:

Los resultados obtenidos en este análisis se pueden observar en las tablas nº 24 y 25.

Peso / porción proximal***Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks***

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
<i>Pequeño (P)</i>	9	0	1,520	1,263	1,770
<i>Mediano (M)</i>	16	0	1,828	1,722	1,935
<i>Grande (G)</i>	17	0	2,195	1,850	2,518
<i>Gigante (GIG)</i>	2	0	2,160	1,820	2,500

$H = 16,004$ con 3 grados de libertad. ($P = 0,001$)

Las diferencias entre los valores de mediana de los grupos de tratamiento son mayores de lo que se podría esperar por azar; hay una diferencia significativa ($P = 0,001$).

Para aislar el grupo o grupos que difieren del resto se empleó un procedimiento de comparación múltiple.

Procedimiento de comparación múltiple por pares (Dunn's Method)

Comparación	Diferencia rangos	Q	$P < 0,05$
<i>G vs P</i>	20,627	3,895	<i>Si</i>
<i>G vs M</i>	9,607	2,147	<i>No</i>
<i>G vs GIG</i>	1,794	0,187	<i>No testado</i>
<i>GIG vs P</i>	18,833	1,876	<i>No</i>
<i>GIG vs M</i>	7,813	0,811	<i>No testado</i>
<i>M vs P</i>	11,021	2,059	<i>No testado</i>

Tabla nº 24: Análisis del factor peso y los valores de TSE en su porción proximal.

Peso / porción distal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
<i>P</i>	9	0	5,070	4,545	5,300
<i>M</i>	16	0	3,300	2,900	4,785
<i>G</i>	17	0	6,635	4,152	8,497
<i>GIG</i>	2	0	3,785	3,785	3,785

$H = 10,529$ con 3 grados de libertad. ($P = 0,015$)

Las diferencias entre los valores de mediana de los grupos de tratamiento son mayores de lo que se podría esperar por azar; hay una diferencia significativa ($P = 0,015$).

Para aislar el grupo o grupos que difieren del resto se empleó un procedimiento de comparación múltiple.

Procedimiento de comparación múltiple por pares (Dunn's Method)

Comparación	Diferencia rangos	Q	$P < 0,05$
<i>G vs M</i>	11,924	3,142	Si
<i>G vs GIG</i>	10,333	1,092	No
<i>G vs P</i>	3,405	0,787	No testado
<i>P vs M</i>	8,519	1,938	No
<i>P vs GIG</i>	6,929	0,713	No testado
<i>GIG vs M</i>	1,591	0,168	No testado

Tabla nº 25: Análisis del factor peso y los valores de TSE en su porción distal.

Según estos resultados, existe una diferencia significativa entre perros pequeños y grandes en la región proximal del tendón y entre medianos y grandes en la región distal del tendón. El **peso influye puntualmente** en el diámetro del TSE.

e) Análisis del factor altura:

Los resultados obtenidos en este análisis se pueden observar en las tablas nº 26 y 27.

Altura / porción proximal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
Pequeño (P)	3	0	1,410	0,271	0,157
Mediano (M)	25	0	1,843	0,410	0,0821
Grande (G)	14	0	2,141	0,344	0,0918
Gigante (GIG)	2	0	2,160	0,481	0,340

Origen de variación	DF	SS	MS	F	P value
Entre grupos	3	1,729	0,576	3,873	0,016
Residual	40	5,952	0,149		
Total	43	7,681			

Las diferencias entre los valores medios de los grupos de tratamiento son mayores de lo que se podría esperar por azar; hay una diferencia significativa ($P = 0,016$).

Poder del test realizado con $\alpha = 0,050$: 0,641

Procedimiento de comparación múltiple por pares (Holm-Sidak method)

Nivel medio de significación = 0,05

Comparaciones para el factor: **ALTURA**

Comparación	Diferencia medias	t	P	P<0,05
G vs. P	0,731	2,980	0,029	Yes
G vs. M	0,298	2,316	0,122	No
GIG vs. P	0,750	2,130	0,148	No
M vs. P	0,433	1,838	0,205	No
GIG vs. M	0,317	1,118	0,468	No
GIG vs. G	0,0186	0,0637	0,950	No

Tabla nº 26: Análisis del factor altura y su influencia en las medidas del TSE en su porción proximal.

Altura / porción distal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
<i>P</i>	3	0	2,385	1,650	3,120
<i>M</i>	25	0	4,720	3,162	5,238
<i>G</i>	14	0	6,550	4,150	8,190
<i>GIG</i>	2	0	3,785	3,785	3,785

$H = 5,609$ con 3 grados de libertad. ($P = 0,132$)

La diferencia de los valores de mediana entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida al azar. No existe diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,132$).

Tabla nº 27: Análisis del factor altura y su influencia en las medidas del TSE en su porción distal.

Según estos resultados, existe una diferencia significativa en los resultados de la porción proximal de tendón entre los perros pequeños y grandes. La **altura influye de manera puntual** en el diámetro del tendón.

f) Análisis del factor índice de masa corporal:

Los resultados obtenidos en este análisis se pueden observar en las tablas nº 28 y 29.

IMC / porción proximal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
<i>DELGADO</i>	10	0	1,857	0,424	0,134
<i>NORMAL</i>	27	0	1,991	0,445	0,0856
<i>GORDO</i>	7	0	1,755	0,305	0,115

Origen de variación	DF	SS	MS	F	P value
<i>Entre grupos</i>	2	0,364	0,182	1,021	0,369
<i>Residual</i>	41	7,317	0,178		
<i>Total</i>	43	7,681			

Las diferencias en los valores medios entre los diferentes grupos no son lo suficientemente grandes como para excluir la posibilidad de que estas sean debidas a la variabilidad por azar; no hay una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,369$).

Tabla nº 28: Resultados del análisis del IMC y su influencia sobre el TSE en la porción proximal.

IMC / porción distal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
DELGADO	10	0	5,452	0,839	0,343
NORMAL	27	0	6,892	1,719	0,384
GORDO	7	0	5,559	0,732	0,327

Origen de variación	DF	SS	MS	F	P value
Entre grupos	2	13,764	6,882	3,116	0,060
Residual	28	61,834	2,208		
Total	30	75,598			

Las diferencias en los valores medios entre los diferentes grupos no son lo suficientemente grandes como para excluir la posibilidad de que estas sean debidas a la variabilidad por azar; no hay una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,060$).

Poder del test realizado con $\alpha = 0,050$: 0,387

Tabla nº 29: Resultados del análisis del IMC y su influencia sobre el TSE en la porción distal.

Según los resultados, no existe diferencia entre grupos. **El IMC no influye en las dimensiones del tendón.**

6.4.1.5. Diferencia de diámetro entre las dos regiones del tendón

En este apartado se va a analizar la posible significación estadística de las diferencias observadas entre las dos regiones del TSE, la porción libre y la adherida al hueso humeral. Para ellos se utiliza la herramienta informática disponible, que permite obtener los siguientes resultados estadísticos (Tabla nº 30).

Mann-Whitney Rank Sum Test

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
SUP PROX	44	0	1,800	1,642	2,148
SUP DIST	44	0	5,850	4,852	6,595

$T = 990,000$ n (pequeño) = 44 n (grande) = 44 ($P = <0,001$)

La diferencia en los valores de mediana entre los dos grupos es mayor de la esperada por azar. Hay una diferencia estadísticamente significativa. ($P = <0,001$)

Tabla nº 30: Análisis de la diferencia entre ambas regiones del TSE.

El análisis estadístico indica que **existe una diferencia significativa entre los diámetros de ambas regiones en un mismo tendón**. Esto ya se apreciaba durante la exploración, pero aquí queda demostrado estadísticamente.

6.4.1.6. Diferencias en la relación de las porciones de TSE en función de la cojera.

Tras la realización de los análisis de influencia, y ante los resultados obtenidos, se lleva a cabo el estudio de la posible influencia de la cojera en la diferencia de diámetro entre las dos porciones del TSE (Tabla nº31).

Mann-Whitney Rank Sum Test

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
Si	29	0	4,417	3,394	5,469
No	44	0	3,818	3,408	4,770

Mann-Whitney U Statistic= 561,500

T = 1310,500 n (pequeña)= 32 n (grande)= 42 (P = 0,230)

La diferencia en los valores de mediana entre los dos grupos no es lo suficientemente grande para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad del muestreo por azar. No hay una diferencia estadística significativa (P = 0,230).

Tabal nº 31: Análisis estadístico de las diferentes relaciones entre porciones del TSE en función de la cojera.

Los resultados del análisis indican que **no existe** diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de cojera/no cojera en cuanto a la relación de tamaño de las dos partes del TSE.

6.4.1.7. Cálculo de rectas de regresión de las variables numéricas y el diámetro tendinoso.

No se consideró necesario realizar cálculos de rectas de regresión para la ecogenicidad tendinosa; ya que no se trata de un valor numérico ni tendría aplicación.

Sólo se calcularon las rectas de regresión para aquellos factores que estadísticamente pueden tener influencia sobre el diámetro del TSE.

a) Recta de regresión en función del peso

Conociendo el peso del paciente, calculado en Kg, se podrá calcular el diámetro tendinoso teórico del tendón del M. supraespinoso. Este valor es un valor medio, para cualquiera de los dos hombros.

- Porción proximal

Diámetro tendinoso: $0,0269 \cdot \text{peso (en Kg)} + 1,38085 \text{ mm} \pm 0,0057 \text{ mm}$

- Porción distal

Diámetro tendinoso: $0,0501 \cdot \text{peso (en Kg)} + 3,8476 \text{ mm} \pm 0,0244 \text{ mm}$

Este valor es un valor medio, para cualquiera de los dos hombros.

b) Recta de regresión en función de la altura

Sabiendo la altura a la cruz del animal, medida en centímetros, se podrá calcular el diámetro tendinoso teórico del TSE.

- Porción proximal

Diámetro tendinoso: $0,8312 \cdot \text{altura (en cm)} + 0,026 \text{ mm} \pm 0,0057 \text{ mm}$

- Porción distal

Diámetro tendinoso: $0,0731 \cdot \text{altura (en cm)} + 1,6457 \text{ mm} \pm 0,0215 \text{ mm}$

6.4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LA ECOGENICIDAD TENDINOSA

A continuación se analizaron los valores obtenidos de la ecogenicidad del TSE en ambas regiones, tanto proximal como distal. El análisis de las imágenes se realizó con el programa ImageJ[®]. Los resultados numéricos obtenidos se estudiaron estadísticamente con el programa SigmaPlot[®].

6.4.2.1. Diferencia estadística entre hombro izquierdo y derecho

Se procedió a analizar la posible diferencia estadística en las ecogenicidades de los hombros izquierdo y derecho, como ya se hizo en el diámetro tendinoso (Tablas nº 32 y 33).

Porción proximal					
Test de normalidad (Shapiro-Wilk)					
Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
IZQUIERDO	44	0	69,460	20,538	4,379
DERECHO	44	0	71,509	20,774	3,793
Diferencia	-2,049				
<i>t = -0,353 con 50 grados de libertad. (P = 0,726)</i>					
<i>95% de intervalo de confianza para la diferencia de medias: -13,705 a 9,608</i>					
<i>La diferencia en los valores medios entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa (P = 0,726).</i>					
<i>Poder del test llevado a cabo con alpha= 0,050: 0,050</i>					
<i>El poder del test realizado (0,050) está por debajo del poder deseado de 0,800. Menos del poder deseado indica que el test es menos eficiente a la hora de detectar una diferencia cuando realmente existe. Los resultados negativos deben ser interpretados con cautela</i>					

Tabla nº 32: Análisis estadístico de las diferencias de ecogenicidad entre hombros en la porción proximal del TSE.

Porción distal**Test de normalidad (Shapiro-Wilk)**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
IZQUIERDO	44	0	30,166	16,280	3,471
DERECHO	44	0	20,593	10,015	1,829

Diferencia 9,573

$t = 2,620$ con 50 grados de libertad. ($P = 0,12$)

95% de intervalo de confianza para la diferencia de medias: 2,233 a 16,913

La diferencia en los valores medios entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,12$).

Poder del test llevado a cabo con $\alpha = 0,050$: 0,663

Tabla nº 33: Análisis estadístico de las diferencias de ecogenicidad entre hombros en la porción distal del TSE.

Según este análisis, **no existe una diferencia significativa entre los hombros izquierdo y derecho en la ecogenicidad de la región distal.**

6.4.2.2. Correlación de las variables numéricas

El análisis de los factores numéricos se realiza mediante un estudio de correlación. El tipo de estudio elegido es el de Pearson (Tabla nº 34).

Tras el análisis se puede observar que el **peso influye** de manera directamente proporcional **en la ecogenicidad del tendón**, mientras la edad, la altura y el índice de masa corporal no son factores de influencia.

Pearson Product Moment Correlation					
	PESO	ALTURA	IMC	SUPRA prox	SUPRA dist
EDAD	-0,0356	0,0476	-0,146	0,0211	-0,0501
P Value	0,846	0,796	0,427	0,909	0,785
N	44	44	44	44	44
PESO		0,846	0,120	0,390	0,380
P Value		0,00001	0,513	0,0275	0,0320
N		44	44	44	44
ALTURA			-0,351	0,134	0,146
P Value			0,0491	0,464	0,426
N			44	44	44
IMC				0,289	0,240
P Value				0,109	0,186
N				44	44
SUPRA prox					0,575
P Value					0,000572
N					44
<i>El par de variables con correlación positiva y P values por debajo de 0,05 tienden a crecer juntas. Para el par de variables con correlación negativa y P value menor de 0,05, una variable tiende a decrecer mientras la otra se incrementa. Para pares con P value mayor de 0,05 no existe una relación estadísticamente significativa entre ambas variables.</i>					

Tabla nº 34: Análisis de la relación o influencia entre los diferentes factores medidos y la ecogenicidad tendinosa.

6.4.2.3. Influencia de los factores estudiados

En este punto se analizaron las posibles influencias de los factores medidos sobre la ecogenicidad del TSE en las regiones, proximal y distal. Los factores binomiales se separaron en los posibles valores que pueda tomar la variable, mientras los factores continuos se dividieron según los grupos realizados con anterioridad. Los análisis realizados fueron:

- Análisis del factor sexo (Tablas nº 35 y 36).
- Análisis del factor cojera (Tablas nº 37 y 38).
- Análisis del factor edad (Tablas nº 39 y 40).
- Análisis del factor peso (Tablas nº 41 y 42).
- Análisis del factor altura (Tablas nº 43 y 44).
- Análisis del factor índice masa corporal (Tablas nº 45 y 46).

a) Análisis del factor sexo:

Los datos estadísticos obtenidos se muestran en las tablas nº 35 y 36.

Porción proximal**Test de normalidad (Shapiro-Wilk)**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
MACHO	31	0	68,657	20,584	4,202
HEMBRA	13	0	83,014	16,608	5,872

Diferencia -14,357

$t = -1,783$ con 42 grados de libertad. ($P = 0,085$)

Intervalo de confianza del 95% para diferencias entre medias: -30,805 a 2,092

La diferencia en el valor medio de los dos grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,085$).

Poder del test realizado con $\alpha = 0,050$: 0,283

Tabla nº 35: Análisis estadístico del factor sexo y su influencia en la porción proximal del TSE.

Porción distal**Mann-Whitney Rank Sum Test**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
MACHO	31	0	25,615	11,205	34,346
HEMBRA	13	0	26,441	20,443	33,860

Mann-Whitney U Statistic= 87,000

$T = 141,000$ n (pequeño)= 8 n (grande)= 24 ($P = 0,711$) La diferencia de los valores de mediana entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,711$).

Tabla nº 36: Análisis estadístico del factor sexo y su influencia en la porción distal del TSE.

Según estos resultados, **el sexo no es un factor de influencia en la ecogenicidad del tendón supraespinoso, en ninguna de sus regiones.**

b) Análisis del factor cojera:

Los datos estadísticos obtenidos se muestran en las tablas nº 37 y 38.

Porción proximal**Mann-Whitney Rank Sum Test**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
NO	44	0	69,774	62,176	85,568
SI	29	0	143,817	99,943	187,512

Mann-Whitney U Statistic= 57,000

$T = 339,000$ n (pequeño)= 29 n (grande)= 44 ($P = 0,002$)

La diferencia en los valores de mediana entre ambos grupos es mayor de lo esperado por azar; existe una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,002$).

Tabla nº 37: Análisis estadístico del factor cojera y su influencia en la porción proximal del TSE.

Porción distal**Mann-Whitney Rank Sum Test**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
NO	44	0	26,441	17,992	33,449
SI	29	0	39,246	28,501	98,515

Mann-Whitney U Statistic= 77,000

$T = 319,000$ n (pequeño)= 29 n (grande)= 44 ($P = 0,010$)

La diferencia en los valores de mediana entre ambos grupos es mayor de lo esperado por azar; existe una diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,010$).

Tabla nº 38: Análisis estadístico del factor cojera y su influencia en la porción distal del TSE.

Los análisis estadísticos nos indican que **la cojera afecta a la ecogenicidad del TSE, tanto en su región proximal como en la distal.**

c) Análisis del factor edad:

Los datos estadísticos obtenidos se muestran en las tablas nº 39 y 40.

Porción proximal**Equal Variance Test:**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
ADULTO	20	0	74,414	20,733	4,887
VIEJO	24	0	69,459	20,403	5,453

Diferencia 4,956

$t = 0,675$ con 42 grados de libertad. ($P = 0,505$)

Intervalo de confianza del 95% para estas medias: -10,029 a 19,941

La diferencia en los valores medios entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,505$).

Poder del test realizado con $\alpha = 0,050$: 0,050

Tabla nº 39: Análisis estadístico de la edad y su influencia en la porción proximal del TSE.

Porción distal**Mann-Whitney Rank Sum Test**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
ADULTO	20	0	24,714	15,013	34,861
VIEJO	24	0	27,858	16,337	32,101

Mann-Whitney U Statistic= 122,000

$T = 227,000$ n (pequeño)= 20 n (grande)= 24 ($P = 0,894$)

La diferencia en los valores de mediana entre los dos grupos no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,894$)

Tabla nº 40: Análisis estadístico de la edad y su influencia en la porción proximal del TSE.

Según los resultados obtenidos, **la edad no influye en la ecogenicidad tendinosa.**

d) Análisis del factor peso:

Los datos estadísticos obtenidos se muestran en las tablas nº 41 y 42.

Porción proximal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Mean	Std Dev	SEM
<i>P</i>	9	0	65,575	23,095	10,328
<i>M</i>	16	0	66,204	14,917	4,498
<i>G</i>	17	0	77,271	21,151	5,653
<i>GIG</i>	2	0	86,978	36,423	25,755

Origen de variación	DF	SS	MS	F	P value
Entre grupos	3	1411,658	470,553	1,146	0,348
Residual	28	11501,174	410,756		
Total	31	12912,832			

La diferencia en los valores medios entre los grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,348$).

Poder del test realizado con $\alpha = 0,050$: 0,072

Tabla nº 41: Análisis estadístico del factor peso y la porción proximal del TSE.

Porción distal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
<i>P</i>	9	0	27,992	14,977	32,547
<i>M</i>	16	0	22,638	15,109	27,725
<i>G</i>	17	0	27,343	13,551	35,023
<i>GIG</i>	2	0	52,456	39,246	65,666

$H = 6,081$ con 3 grados de libertad. ($P = 0,108$)

La diferencia de los valores de mediana entre los grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,108$).

Tabla nº 42: Análisis estadístico del factor peso y la porción distal del TSE.

Los resultados confirman que **el peso no influye en la ecogenicidad del tendón.**

e) Análisis del factor altura:

Los datos estadísticos obtenidos se muestran en las tablas nº 43 y 44.

Región proximal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
P	3	0	70,023	69,314	70,732
M	25	0	66,966	58,073	81,851
G	14	0	77,430	57,258	98,415
GIG	2	0	86,978	61,223	112,733

H = 1,532 con 3 grados de libertad. (P = 0,675)

La diferencia de los valores de mediana de los grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa (P = 0,675).

Tabla nº 43: Análisis estadístico del factor altura y su influencia en la porción proximal del TSE.

Región distal**One Way Analysis of Variance (ANOVA)**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
P	3	0	28,741	8,630	6,103
M	25	0	22,997	9,273	2,249
G	14	0	23,138	12,150	3,663
GIG	2	0	52,456	18,682	13,210

Origen de variación	DF	SS	MS	F	P value
Entre grupos	3	1640,02	546,67	4,673	0,009
Residual	28	3275,54	116,98		
Total	31	4915,56			

La diferencia en los valores medios entre los grupos de tratamiento no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa (P = 0,009).

Poder del test realizado con alpha = 0,050: 0,744

Tabla nº 44: Análisis estadístico del factor altura y su influencia en la porción distal del TSE.

Según los resultados obtenidos, **existe una diferencia estadística en la ecogenicidad de la porción distal entre los perros gigantes y medianos, y los gigantes y grandes**. La altura influye puntualmente en la ecogenicidad tendinosa.

f) Análisis del factor índice de masa corporal:

Los datos estadísticos obtenidos se muestran en las tablas nº 45 y 46.

Región proximal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Media	Std Dev	SEM
BAJO PESO	10	0	62,110	19,929	6,643
NORMAL	17	0	76,725	21,985	5,332
SOBREPESO	7	0	74,760	11,821	4,826

Origen de variación	DF	SS	MS	F	P value
Entre grupos	2	1303,692	651,846	1,628	0,214
Residual	29	11609,140	400,315		
Total	31	12912,832			

La diferencia en los valores medios entre los grupos de tratamiento no es lo suficientemente grande como para excluir la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,214$).

Poder del test realizado con $\alpha = 0,050$: 0,140

Tabla nº 45: Análisis estadístico del factor IMC y su influencia en la porción proximal del TSE.

Región distal**Kruskal-Wallis ANOVA on Ranks**

Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
BAJO PESO	10	0	22,708	6,448	29,121
NORMAL	17	0	23,656	14,916	35,276
SOBREPESO	7	0	29,763	24,988	34,825

$H = 2,294$ con 2 grados de libertad. ($P = 0,318$)

La diferencia de los valores de mediana entre los grupos no es lo suficientemente grande como para descartar la posibilidad de que la diferencia sea debida a la variabilidad por azar. No hay diferencia estadísticamente significativa ($P = 0,318$).

Tabla nº 46: Análisis estadístico del factor IMC y su influencia en la porción distal del TSE.

Según los resultados, **el IMC no influye en la ecogenicidad del tendón de inserción en ninguna de sus porciones.**

6.4.2.4. Análisis de la diferencia en ecogenicidad entre las dos regiones del tendón

Por último queda analizar si la diferencia observada visualmente entre las dos regiones del tendón es estadísticamente significativa o por el contrario puede deberse al azar (Tabla nº 47).

Mann-Whitney Rank Sum Test					
Grupo	N	Perdidos	Mediana	25%	75%
PROXIMAL	44	0	27,992	19,332	36,009
DISTAL	44	0	77,436	62,572	107,286
Mann-Whitney U Statistic= 164,000					
$T = 1025,000$ n (pequeño)= 44 n (grande)= 44 ($P = <0,001$)					
La diferencia de los valores de mediana entre los dos grupos es mayor de la esperada por azar; hay una diferencia estadísticamente significativa. ($P = <0,001$)					

Tabla nº 47: Análisis estadístico entre las dos regiones del TSE.

Según la herramienta de análisis, la **diferencia de ecogenicidad entre las dos regiones es estadísticamente significativa.**

7. DISCUSIÓN

7. DISCUSIÓN

En primer lugar, se discutirá el material y método empleado en el estudio experimental. A continuación se procederá a la discusión global de los resultados obtenidos en cada uno de los diferentes apartados desarrollados en el capítulo de “Resultados”.

7.1. DISCUSIÓN DEL MATERIAL Y MÉTODO

En este apartado se discutirán, por un lado, el material biológico empleado y, por otro lado, lo referente a la metodología seguida (técnica usada, anestesia y eutanasia).

7.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO EMPLEADO

Una vez realizada la revisión bibliográfica, se comprueba la existencia de escasos estudios relacionados con la ecografía del M. supraespinoso en caninos. En la mayoría de los casos se realizan estudios de ecografía musculoesquelética (Kramer *et al*, 1997) o de la articulación del hombro en general (Long y Nyland, 1999, Piórek y Adamiak, 2010). Tan solo en el pasado año se publicó un estudio acerca de la patología del TSE en perros y sus hallazgos ecográficos (Mistieri *et al*, 2012).

La idea principal que se obtiene al hacer un rápido análisis de la muestra utilizada en este estudio es que la distribución de la muestra no es muy homogénea. Existe una gran diferencia, por ejemplo, entre los grupos de edad y entre los grupos de sexo.

La falta de cachorros es debida a que los estudios se realizaron en clínicas veterinarias. La realización de ecografías de cualquier tipo a cachorros no es muy común en la clínica diaria. Además, en los casos en los que se presentó la posibilidad, los propietarios se negaron a la realización de la prueba alegando en la mayoría de los casos que el animal era muy joven.

La diferencia tan marcada entre hembras y machos se debe a que los animales estudiados proceden de propietarios particulares que acudían a consulta. No existía criterio de exclusión por sexo. Aun existiendo esta diferencia, el análisis estadístico de la muestra indica que la misma presenta una distribución normal.

Kramer y colaboradores (1997) realizaron un estudio de ecografía musculoesquelética general utilizando 546 animales en un intervalo de 7 años. Estos animales incluían perros y gatos, y en todos los casos se trataba de animales que acudían al hospital veterinario de la Universidad de Giessen. Todos presentaban algún tipo de cojera o sospecha de patología musculoesquelética, por lo que sus resultados no deberían tomarse como base para realizar un estándar fisiológico.

Long y Nyland, en 1999, realizaron un estudio sobre animales teóricamente sanos. Estos habían sido sometidos a estudios radiográficos y clínicos para confirmar su estado. El número total de animales fue 7. También se incluyeron los resultados de 12 cadáveres estudiados momentos después de su eutanasia y 4 animales con cojera. En total, y aceptando que los tejidos no modifican su estructura y consistencia en las primeras fases postmortem previas al *rigor mortis*, el estudio completo incluyó 23 animales, de los cuales 19 fueron animales sanos y 4 presentaron cojera.

Piórek y Adamiak (2010) realizaron una revisión bibliográfica del estudio ecográfico de la articulación del hombro, sin planteamiento experimental.

Mistieri y colaboradores, en 2012, presentaron un estudio acerca de la imagen ecográfica en la calcificación del M. supraespinoso. Su tamaño muestral fue de 31 animales recogidos durante 9 años. Todos ellos con calcificación del TSE confirmada mediante estudios radiológicos. No se presentó información acerca de los pacientes, sólo que fueron estudiados en la Facultad de Veterinaria de Giessen. Tampoco se detalló la edad, sexo o raza de los animales estudiados.

Con estos tamaños de muestra referenciados, se puede confirmar que el presente estudio posee un tamaño muestral suficiente, comparado con las publicaciones previas revisadas.

7.1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO REALIZADO

Después de comparar el tamaño muestral del estudio con el de otros artículos, se debe valorar el estudio estadístico realizado, tanto en las variables analizadas como en su modo de análisis.

Como ya quedo reflejado en la justificación de este estudio, no existe bibliografía relativa a la ecografía del hombro canino en la cual se realicen mediciones de tamaño, y menos aun de ecogenicidad. Esta falta de datos obliga a realizar una comparativa con la especie humana, donde los estudios son más numerosos, y aunque las medidas no son comunes, si lo son los estudios de análisis de factores de influencia sobre la imagen ecográfica del TSE. En relación al tema de los factores que afectan a la patología del hombro, existen algunos artículos en veterinaria que asocian ciertos factores con la posibilidad de una cojera.

Muir y Johnson (1994), Flo y Middleton (1990), Laitinen y Flo (2000), Cogar y colaboradores (2008) y Lafuente y colaboradores (2009), describen la influencia de la raza del animal en la presencia de patología del hombro. Ellos afirman que las razas grandes presentan mayor incidencia de patología de hombro, aunque sus estudios tienen unos tamaños muestrales bastante reducidos. El número de animales empleados en cada estudio fue: 4 animales (Flo y Middleton, 1990), 12 (Laitinen y Flo, 2000 y Muir y Johnson, 1994), 24 (Lafuente *et al*, 2008) y 30 (Cogar *et al*, 2008). En nuestro estudio no se ha tenido en cuenta la raza del animal, ya que la existencia de múltiples razas reduciría los grupos por raza a unos tamaños mínimos no significativos estadísticamente. En su lugar se ha utilizado la altura y el peso de los animales.

Las diferentes clasificaciones que hacen los citados autores en función de razas grandes/pequeñas pueden estar más dirigidas al análisis de la influencia del factor "peso" que al factor específico de la raza. Sus estudios no enumeran diferencias entre razas de perros, sólo clasifican los animales en función de raza grande/pequeña. Esta clasificación debería definirse como clasificación por "tamaño", más que por raza. En el presente estudio se realiza una clasificación por altura y peso, e incluso por IMC, pero no por tamaño, ya que el término "tamaño" no es definible numéricamente.

Mckee y Macías (2004) realizaron una diferenciación en función de la edad para hablar de la cojera de hombro. No hablaron acerca de diferencias en cuanto a incidencia, pero sí de etiopatogenia de la cojera. En su estudio, los animales jóvenes presentaron más problemas asociados a desarrollo, mientras que los animales seniles presentaron más patologías degenerativas. Como en el caso del factor sexo, no existieron referencias que analizaran la influencia de la edad con la ecografía del hombro.

El factor cojera no fue analizado en ningún artículo debido, en la gran mayoría de los casos, a que los estudios publicados están basados en casos clínicos, y en los casos en los que se describen patologías mediante ecografía, sólo se describe la imagen, sin aportar valores numéricos de ningún tipo. Este es el caso de Flo y Middleton (1990), Muir y Johonson (1994), Kriegleder (1995), Fransson y colaboradores (2005), Vandeveld y colaboradores (2006), Piórek y Adamiak (2010) y Mistieri y colaboradores (2012).

En medicina humana existen numerosos artículos que analizan la posible influencia de diferentes factores en la aparición de lesiones en el M. supraespinoso. Como ya se reflejo en la justificación del estudio, la patología del TSE es de una alta incidencia en humanos, por lo que su diagnóstico y tratamiento son de gran importancia, tanto por el bienestar de los pacientes como por la productividad, ya que una lesión de TSE es temporalmente incapacitante para la realización de tareas cotidianas o incluso laborales.

Uno de los factores analizados es el sexo. Diferentes estudios han demostrado que la incidencia de patología en el hombro es más alta en mujeres que en hombres. Este es el caso de Hart y colaboradores (1998) que han demostrado la influencia de las hormonas sexuales y los factores relacionados con la gestación en las células de los tejidos tendinosos. Además, en su opinión, las mujeres son más propensas a realizar movimientos repetitivos continuos, causa principal de algunas patologías del hombro.

De la misma opinión es el artículo publicado por de Zwart y Frings-Dresen en 2001, quienes tienen unos resultados similares, y unas ideas relativas a la etiopatogenia muy parecidas.

No se ha encontrado bibliografía que analice este factor mediante ecografías, esto es, buscando diferencias ecográficas entre hombres y mujeres. Pero esta diferencia de incidencia entre ellos ha sido suficiente para incluir este factor en el análisis.

Muy relacionado con el factor sexo están los factores peso, altura e IMC, ya que las hormonas sexuales modifican la distribución y desarrollo de los diferentes tejidos en el cuerpo, sobretudo el muscular y el graso. Ambos factores también han sido estudiados en humanos y otros animales, como el caballo. Tipton y colaboradores (1975) realizaron un estudio analizando la influencia de la actividad física en los ligamentos y tendones en la especie humana. Su principal conclusión, como era esperable, fue que la realización de ejercicio físico incrementa la fuerza de la unión hueso-ligamento, mientras que la inmovilización de la articulación la disminuye. Esto se da en mayor medida en los hombres que en las mujeres. Además, la fuerza de esta unión está muy relacionada con el peso del individuo.

Un estudio muy interesante acerca de este factor es el realizado por Maffulli y King (1992), quienes analizaron la influencia de la actividad física en diferentes tendones y ligamentos en ratón, rata y cerdo. En las tres especies obtuvieron unos resultados similares: el ejercicio físico incrementa la fuerza de los tendones, su área y su diámetro. Incluso se observó una alteración en la concentración de colágeno, aumentando en los animales con ejercicio continuo, pero sólo en la especie porcina. Esta última conclusión choca con la obtenida por Viidik y colaboradores en su estudio de 1996, donde confirman que la actividad física altera las propiedades de los tendones en las ratas jóvenes y las adultas.

En la especie equina, con un impacto económico muy importante en la clínica veterinaria, se han realizado diferentes estudios analizando el efecto del ejercicio en los tendones de las extremidades. Tanto Moffat y colaboradores (2008) como Cherdchutham y colaboradores (1999) obtuvieron resultados muy similares. El ejercicio físico aumenta la fuerza de los tendones, pero sólo en los potros, no en caballos adultos. Estos dos estudios ligan los factores peso e IMC con el siguiente factor a analizar, la edad.

La influencia de la edad en la aparición de lesiones tendinosas ha sido uno de los puntos más estudiados en la patología del hombro en la especie humana. La mayoría de las lesiones del hombro, como ya se expuso en la justificación, se deben al uso y son de carácter crónico o degenerativo. A diferencia de otros factores, existe amplia bibliografía que analiza el factor edad mediante técnicas de imagen que incluyen el TAC, MR o la ecografía.

Beltran y colaboradores (1986) confirmaron que el grosor del TSE variaba con la edad, siendo más ancho en los individuos jóvenes. Estas medidas se llevaron a cabo mediante un TAC. Kjellin y colaboradores (1991) describieron una degeneración del manguito rotador asociada a la edad. Este hallazgo se llevó a cabo mediante técnicas de MR y estudios histológicos de las muestras obtenidas. Clark y Harryman (1992) confirmaron que las fibras de colágeno y los vasos sanguíneos no presentaban cambios asociados a la edad y el sexo. Los cambios degenerativos no estaban asociados a algún grupo de edad específico. Aún con estos resultados, en sus conclusiones no discutieron la reducción del TSE conforme los individuos envejecen. En desacuerdo con este último está Riley y colaboradores (1994) quienes afirman que la degeneración del TSE está asociada a la edad, incrementándose en pacientes de edad avanzada.

Ziegler realiza en 2004 un análisis ecográfico del M. supraespinoso y confirma que el tejido muscular incrementa su ecogenicidad en pacientes seniles, pudiendo confundirse con el M. deltoides. En esta idea profundizan Nielsen y colaboradores (2006) en su artículo, en el que se confirma que con la edad se producen cambios histológicos en el M. supraespinoso, observándose ecográficamente un incremento en la intensidad de los tejidos, tanto muscular como tendinoso.

Dudia y colaboradores (2007) confirman una reducción de la fuerza del TSE con la edad, asociada también al ejercicio físico realizado. Es evidente que en individuos de edad avanzada el ejercicio físico es reducido.

Rudzki y colaboradores, en 2008, realizaron un estudio eco-Doppler y observaron una relación inversa entre la vascularización del TSE y la edad. En individuos de edad avanzada la vascularización de la zona se ve comprometida, pudiendo esta última estar en relación con las patologías degenerativas observadas.

El último factor revisado es el que se ha denominado cojera. Evidentemente en la especie humana no existe cojera del miembro anterior al ser una especie bípeda. Aun así, existen numerosos artículos que revisan la imagen ecográfica en casos de trauma o lesión del M. supraespinoso.

Lind y colaboradores (1989) realizaron un estudio ecográfico en traumas agudos. Su primera conclusión fue que se trata de un análisis difícil, pero aun así, observaron cambios en la ecogenicidad y tamaño del TSE. Además, relacionaron la aparición de alteraciones ecográficas con una peor prognosis en el cuadro clínico.

Los estudios que asocian la degeneración tendinosa y la edad, salvo el de Lind y colaboradores (1989) se realizan en fases crónicas de la patología. En ellos se describe un incremento en la ecogenicidad del TSE, debido, según los análisis histológicos realizados, a un aumento del componente de tejido graso en el tendón. Este es el caso de Strobel y colaboradores (2005) quienes confirmaron esta imagen y la definieron como de *"pobre contorno y definición"* llegando a perderse la visión del tendón central en el vientre muscular. Por último, confirmaron que la aparición de esta imagen pobremente definida otorga un peor pronóstico al paciente.

Gerber y colaboradores, en 2007, avanzaron más aún en el tema, llegando a confirmar que la aparición de este infiltrado graso suponía una reducción de la elasticidad y capacidad de reparación del tejido. La cicatrización exitosa de la lesión, en el caso de desgarros, conllevaba una reducción en el infiltrado graso.

El mismo problema de pérdida de definición de imagen le ocurre a Khoury y colaboradores en su estudio por MR en 2008. Las conclusiones obtenidas en el mismo fueron similares a los estudios de ecografía, pero utilizando otro medio de diagnóstico por imagen.

Williams y colaboradores (2009) realizaron un estudio estadístico, en el cual se exponía que la atrofia del M. supraespinoso medida por TAC fue directamente proporcional al nivel de infiltrado graso que el tejido presenta. Un estudio muy similar, con los mismos resultados fue realizado por Melis y colaboradores (2009) también mediante TAC.

Sofka y colaboradores analizaron en 2004 la entidad del infiltrado graso, indicando que no se trataba de una patología *per se*, si no que era un hallazgo indicativo de otra patología primaria, en la mayoría de los casos un desgarramiento tendinoso, o "*tear*". Otro tipo de patologías, como por ejemplo la diabetes, o la amiloidosis, producen una alteración de la imagen ecográfica del TSE, como demuestran Abate y colaboradores en su artículo de 2010.

Tras la selección de los factores a analizar, llega la hora de discutir la influencia de estos en los resultados. La clasificación de los factores vendrá definida por su naturaleza. Los factores binomiales, como el sexo o la cojera, serán fácilmente clasificables, ya que las posibilidades se reducen a dos: macho/hembra y si/no respectivamente. Los factores numéricos son más complicados. En el caso de realizar divisiones por grupos, se debe tener en cuenta el tamaño final de cada grupo. Demasiados grupos significarían un tamaño pequeño de los mismos, mientras que pocos grupos llevarían consigo una mayor heterogeneidad del mismo. Es por ello que los resultados obtenidos en el análisis estadístico deben tomarse con cautela y, en nuestra opinión, será más realista un análisis de correlación tomando un solo grupo con todas las muestras. Además, siempre será más realista el análisis de los datos de variables continuas de manera suelta que agrupando los datos de manera arbitraria.

No se ha encontrado en la bibliografía ningún artículo donde se realicen clasificaciones por grupos como los de este estudio y con este objetivo. Por ello, se han realizado los diferentes grupos en función de los parámetros morfológicos típicos de la especie canina y de las diferentes tablas utilizadas por los nutrólogos en sus estudios de alimentación, como aparecen en el trabajo de Pibot y colaboradores en 2008.

El método de análisis estadístico utilizado está basado en el programa Sigmaplot. Es el propio programa el que selecciona el tipo de análisis estadístico, en función del tamaño de los grupos, el objetivo buscado y el valor numérico de los datos. Los resultados obtenidos son interpretados por el propio programa, realizando valoraciones estadísticas dependiendo de los resultados obtenidos.

7.1.3. MÉTODO EMPLEADO

Como norma general aplicable a todas las exploraciones ecográficas en perros, el rasurado de la zona de exploración y aplicación de gel ecográfico se describe en todos los artículos consultados en la bibliografía. Debido a las características físicas de los ultrasonidos, y en especial a su no propagación por el aire, es imposible realizar una ecografía en mínimas condiciones sin rasurar el pelo del animal ni aplicar gel.

El método de exploración ecográfica empleado en este estudio se ha basado en el utilizado por Long y Nyland (1999) en su artículo. Comenzando en la espina escapular, en la zona de origen muscular, se realiza un desplazamiento de la sonda hacia distal, analizando en vista transversal todo el músculo. El mismo movimiento se realiza en un corte longitudinal. El TSE se analiza en detalle, buscando lesiones en la porción adherida al hueso humeral. Esta técnica expuesta por Long y Nyland ha sido seguida por su relativa facilidad y rapidez. Se asegura una completa exploración del M. supraespinoso en toda su longitud, así como una fácil localización de las estructuras adyacentes, como por ejemplo la espina escapular, o el tendón bicipital. Mistieri y colaboradores (2012) realizan un protocolo de exploración similar al diseñado por Long y Nyland.

Otros autores no definen el protocolo específico para el M. supraespinoso, por lo que no se ha podido realizar una comparativa de diferentes protocolos de exploración. Este es el caso de Kramer y colaboradores (2001) quien si describe un protocolo para otros músculos de la zona, como el M. bíceps braquial, pero no el del M. supraespinoso.

En la especie humana se realiza una rotación del brazo por detrás de la espalda, posición denominada "modificada de Crass" para exponer en su totalidad el TSE, como explican Rodríguez y Díaz (2007) y Tan y colaboradores (2006) en sus respectivos artículos. En la especie canina esto es imposible, debido a la morfología de la articulación. La mecánica de exploración es inversa a la descrita por Long y Nyland (1999). Comenzando la exploración desde el tendón de origen bicipital, se localiza el TSE y tras su examen se desplaza la sonda hacia la espalda, hasta acabar en la espina escapular y el origen del M. supraespinoso. Winter y Richardson (1996) realizaron un protocolo similar, pero centrado únicamente en el TSE, sin describir el tejido muscular.

Se han seguido, durante la realización de este estudio, unas normas básicas que deberían llevarse a cabo en todos los estudios ecográficos, para obtener la mayor cantidad de información y que esta sea lo más precisa posible. Estas normas son generales a todas las exploraciones ecográficas, ya sean de hombro o, por ejemplo, de abdomen:

- El examen ecográfico debe realizarse en un ambiente tranquilo y sin prisas.
- Es inútil realizar un estudio con pacientes poco o nada colaboradores.
- Rasurar con generosidad al paciente. Es preferible excederse con el rasurado antes de que en mitad del examen la estructura a estudiar no sea visible.
- Utilizar la sonda que se adapte mejor a nuestro examen.
- Añadir abundante gel para el examen.
- Adaptar las ganancias generales al comenzar el estudio.
- Comprobar que la sonda está situada en la orientación estándar.
- Adaptar las ganancias por niveles según sea necesario.
- Adaptar la profundidad de exploración a la de la estructura estudiada.
- Situar el área de estudio entre las líneas focales óptimas del equipo. La posición de los focos del equipo influye en la calidad de la imagen a este nivel. Es necesario colocar los focos de la imagen en la región de estudio.

Estas normas o recomendaciones se enumeran en algunos libros de ecografía básica, como el escrito por Nyland y Matton (2004) o el de Pennick (2008). En este estudio se han adaptado a la exploración musculoesquelética de la articulación del hombro.

7.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.2.1. IMAGEN ECOGRÁFICA Y COMPARACIÓN CON ANATOMÍA MACROSCÓPICA E HISTOLOGÍA

Tras la exploración ecográfica del M. supraespinoso y con los resultados analizados, se puede realizar una correspondencia entre las imágenes obtenidas y la anatomía macro y microscópica del músculo.

El origen aponeurótico del músculo se corresponde en el estudio ecográfico con

una inexistencia de imágenes del tendón de origen. La aponeurosis está reflejada bibliográficamente en numerosos libros de anatomía, como el escrito por Evans y Miller en 1993. Se puede observar en las figuras 90 y 91.

El desarrollo del vientre muscular, con su localización sobre la fosa supraespinosa escapular, ha sido visualizado tanto en cortes longitudinales como en transversales. En este punto se han obtenido datos sobre la estructura interna del vientre muscular, con la aparición de las fibras tendinosas que darán origen al tendón de inserción. Estas fibras se reflejan en la literatura en numerosos artículos (Fan *et al*, 1997; Kujat, 1990; Long y Nyland, 1999) (Figs. 92 y 93).

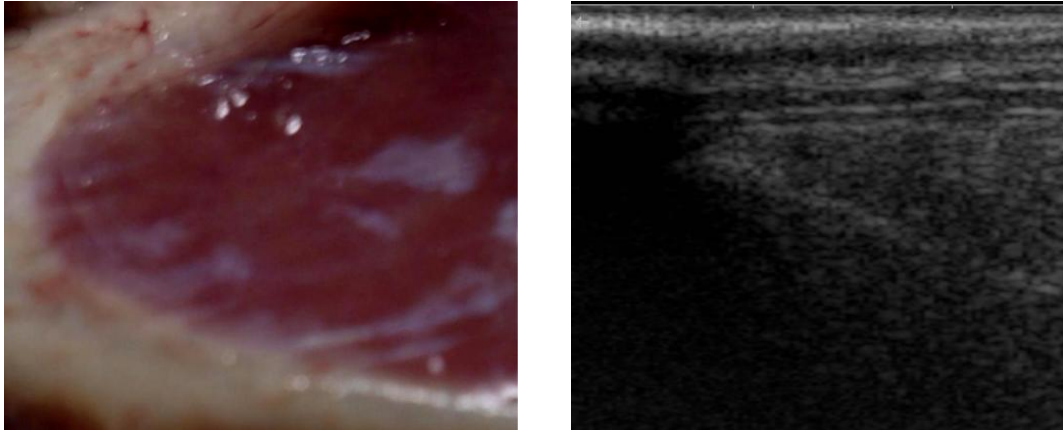
En la disección anatómica realizada previamente a los estudios ecográficos se apreciaba la aparición de estas estrías tendinosas en zonas muy proximales del vientre muscular. La disección se llevo a cabo según los protocolos habituales, mediante una separación de la musculatura por planos, hasta lograr identificar el vientre muscular del M. supraespinoso. En ese momento se procedió a realizar una disección pormenorizada del tendón de origen, dejando a la vista la aponeurosis. Posteriormente se procedió a disecar el vientre muscular, buscando el tejido tendinoso intramuscular descrito en la bibliografía.

Una vez localizado se siguió su trayecto hasta el TSE. Tras valorar la porción libre de tendón se realizó una desinserción del mismo para valorar tanto la porción adherida como la superficie ósea humeral.

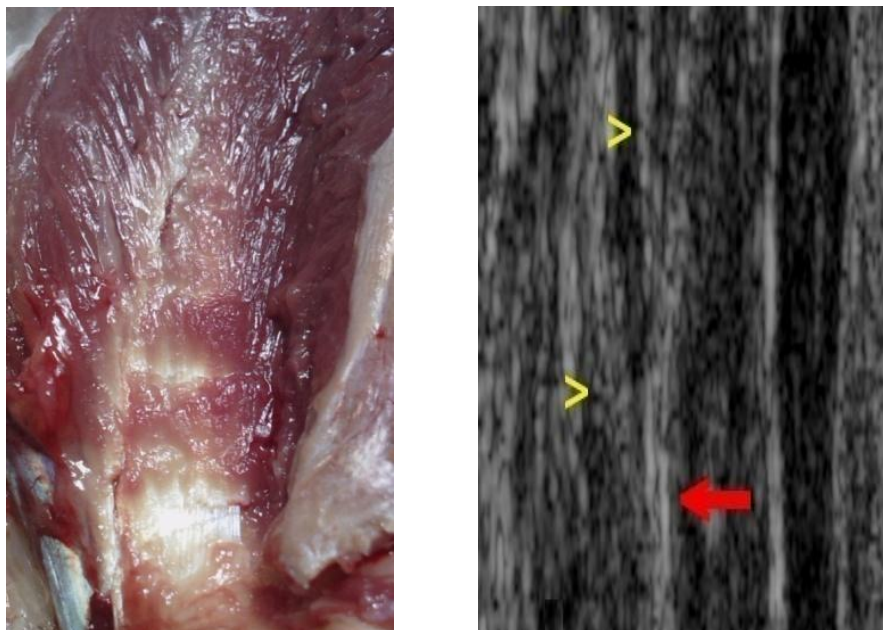
Este protocolo de disección es el mismo que sigue Evans (1993) en su libro de disección anatómica del perro.

La ecografía del TSE fue el mayor reto durante la realización del estudio ecográfico. Su origen intramuscular y su inserción de difícil acceso suponen una gran dificultad a la hora de realizar el estudio ecográfico del músculo.

Ecográficamente el origen del TSE concuerda con lo observado en la disección realizada. En la parte distal de los vientres musculares se forman pequeñas estrías tendinosas que se unen entre sí, dando estructuras de mayor calibre según nos desplazamos distalmente en el músculo hasta llegar a formar un tendón único.



Figs. 90 y 91: Detalle de aponeurosis de origen del M. supraespinoso en una disección anatómica (Imagen izquierda) y su correspondiente imagen ecográfica (Imagen derecha).



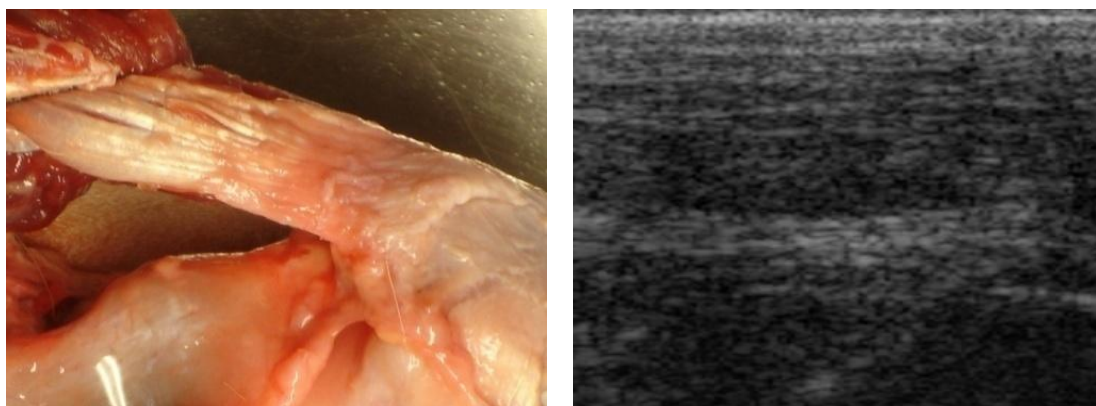
Figs. 92 y 93: Detalles del origen del TSE. Imagen izquierda: Disección del origen del TSE en la región interior del músculo. Imagen derecha: Imagen ecográfica de la misma región con fibras convergentes (flechas amarillas) en un tejido común (flecha roja).

Este tendón mantiene su calibre hasta llegar a la unión con la superficie ósea, algo ya descrito con anterioridad en la bibliografía, donde se cita el M. supraespinoso como poseedor de un tendón de inserción fuerte y corto (Flo y Middleton, 1990; Kujat, 1990; Lafuente *et al*, 2009; Laitinen y Flo, 2000; Skvorak, 1993) (Figs. 94 y 95).

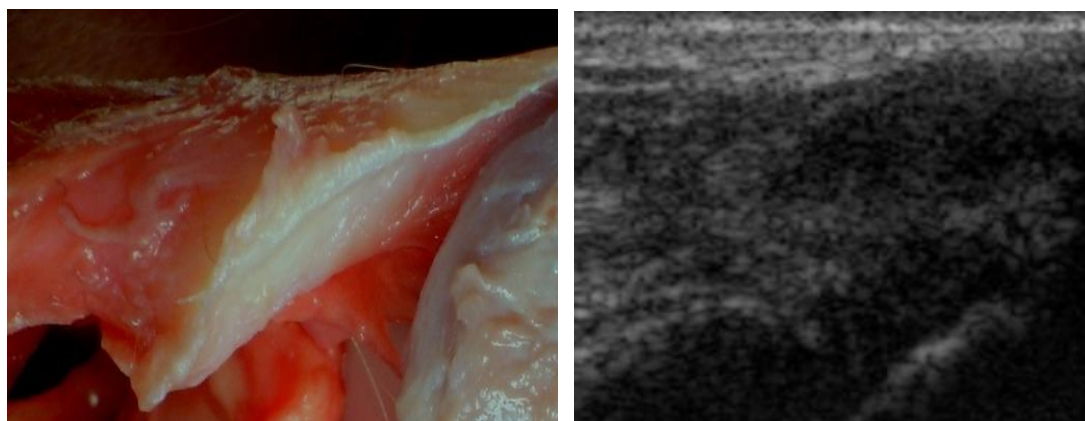
El tendón pasa a convertirse, al acercarse a la superficie ósea humeral, en una estructura hipoecoica, homogénea y de gran volumen. En la disección se aprecia como la zona tendinosa en contacto con el hueso pierde el aspecto y textura típicos y se convierte en una estructura dura y fibrosa al tacto (Figs. 96 y 97).

En los estudios histológicos revisados en la bibliografía se cita un cambio en la histología entre las regiones libre y adherida del TSE en la especie canina (Fan *et al*, 1997; Kujat, 1990).

Estos cambios histológicos y de composición nos hacen sospechar que la diferente imagen ecográfica obtenida del tendón libre y adherido al hueso puede estar relacionada con las diferencias histológicas entre ambas regiones. La diferente composición y disposición de las fibras de tejido produce una alteración en la transmisión de los ultrasonidos, con la consiguiente alteración en la imagen que aparece en el monitor del ecógrafo.



Figs. 94 y 95: Imagen izquierda: Imagen macroscópica del TSE en la región proximal. Imagen derecha: Imagen ecográfica de la misma región anatómica.



Figs. 96 y 97: Imagen izquierda: Imagen macroscópica de TSE en la región adherida al hueso. Imagen derecha: Imagen ecográfica de la misma región.

También encontramos en esta zona imágenes sugerentes de tejido mineralizado, lo que concuerda con los hallazgos obtenidos en pacientes humanos, por lo que a la similitud ecográfica y anatómica se sumaría la patológica en el caso de las mineralizaciones y su posible etiología.

Dentro de las patologías del hombro, la ecografía nos permite evaluar todas aquellas que afecten a los tejidos blandos (músculos y tendones), cartílago articular y superficie ósea. No se puede diagnosticar ecográficamente ninguna patología que afecte al interior del hueso (Kramer *et al*, 1997). Para estas últimas lesiones existen otras técnicas diagnósticas mucho más fiables, como por ejemplo la radiología. Los ligamentos de la articulación tampoco son valorables, debido a su pequeño tamaño (Kramer *et al*, 1997; Long y Nyland, 1999; Piorek, 2010).

Las patologías del M. supraespinoso observables ecográficamente se describen como cambios en la ecogenicidad o estructura (Kramer *et al*, 1997; Long y Nyland, 1999; Piorek, 2010). Siempre que exista sospecha de una alteración tendinosa hay que recordar que las lesiones ecográficas deben ser imágenes ortogonales²⁰, es decir, deben poder describirse en diferentes cortes tomográficos²¹. No se puede aceptar una imagen como patológica si sólo se reproduce en una posición de la sonda.

Las lesiones tendinosas del M. supraespinoso se dan en su mayoría en la zona adherida. Esta circunstancia puede deberse a la diferente composición y conformación histológica con respecto al resto del tendón. La mayoría de las lesiones observadas ecográficamente o revisadas en la bibliografía se corresponden con necrosis o mineralizaciones distróficas, que suelen asociarse con zonas de escasa perfusión vascular (Kujat, 1990; Flo y Middleton, 1990; Kriegleder, 1993; Muir y Johnson, 1994; Laitinen y Flo, 2000; Hoskinson y Tucker, 2001; Mckee y Macías, 2004; Cogar *et al*, 2008; Kunkel y Rochat, 2008; Lafuente *et al*, 2009; Piórek y Adamiak, 2010; Mistieri *et al*, 2012).

Los cambios de tamaño del TSE se circunscriben en la bibliografía únicamente a la región libre, siendo la porción adherida la zona donde se aprecia la aparición de mineralizaciones (Kriegleder, 1993; Laitinen y Flo, 2000; Lafuente *et al*, 2009; Piórek y Adamiak, 2010; Mistieri *et al*, 2012).

²⁰ **Imagen ortogonal:** Es la imagen que se repite al realizar una ecografía en diferentes cortes tomográficos, como el longitudinal y el transversal.

²¹ **Corte tomográfico:** Sección que se estudia al realizar una ecografía, se corresponde con la zona de la estructura que es atravesada por los ultrasonidos.

La aparición de estas lesiones en el perro sugiere que la región adherida puede presentar una composición bioquímica diferente (Fan *et al*, 1997) y una hipoperfusión vascular que produciría zonas de mayor riesgo hipóxico, donde las mineralizaciones distróficas serían más frecuentes (Kujat, 1990).

7.2.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON EL MÚSCULO SUPRAESPINOZO DE OTRAS ESPECIES

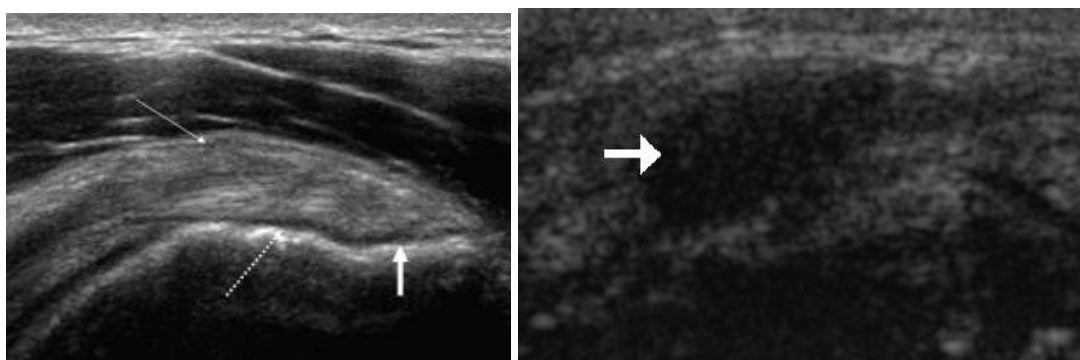
El M. supraespinoso ha sido objeto de estudio en medicina humana desde el comienzo de la investigación en traumatología. La alta incidencia de patología con origen en los tejidos blandos del hombro empujó a los investigadores a estudiar todos los componentes de la articulación del hombro en busca de las posibles causas de las patologías observadas.

Durante la década de los 90 en el siglo pasado se presentaron diferentes estudios que trataban de describir la anatomía específica del M. supraespinoso en la especie humana. Algunos de ellos usaron técnicas de imagen (Beltran *et al*, 1986; Neumann *et al*, 1992; Gagey *et al*, 1995; Hertel y Lambert, 1998). Otros estudios se basaban en la disección de cadáveres para realizar el estudio anatómico (Bodensteiner y Schochet, 1987; Gagey *et al*, 1990; Hazleman, 1990; Vahlensieck *et al*, 1994; Itoi *et al*, 1995). Estos estudios no terminaron de aclarar completamente la anatomía del TSE. Algunos autores incluso demuestran la existencia de dos tendones diferenciados que se unen en la parte final de su recorrido (Turrin y Cappello, 1997) o que no llegan a unirse, insertándose en regiones completamente diferentes del húmero (Kolts, 1992; Volk y Vangsness, 2001).

Otros estudios dejaron de lado la controversia acerca del origen del tendón de inserción y centraron su investigación en la unión del tendón a la superficie del hueso humeral. Durante estos años se analizó la incidencia de patologías sobre la región de tendón adherida al hueso humeral, demostrándose que la mayoría de las lesiones en el M. supraespinoso se localizaban en la porción de tendón más cercana al hueso humeral. A esta región se le llamó "*footprint*" o "*huella*" en castellano. Diferentes estudios analizaron la morfología de la región (Curtis *et al*, 2006; Kim *et al*, 2007; Ruotolo *et al*, 2004), así como su histología (Mochizuki *et al*, 2008) y su composición

bioquímica (Fallon *et al*, 2000). En estos años comienza a surgir la teoría de la zona hipovascularizada intratendinosa, como posible causa de las mineralizaciones del TSE. Esta teoría no ha sido confirmada, debido en gran medida a la escasez de publicaciones científicas que analicen esta posibilidad. Para confirmar esta hipótesis se realizaron estudios mediante contrastes vasculares en cadáveres (Potter *et al*, 2007; Adler *et al*, 2008) o análisis de microvascularización por histología (Ling *et al*, 1990). En estos estudios se obtuvieron resultados dispares, sin poder establecer conclusiones definitivas en cuanto a la microvascularización del TSE.

Aun sin confirmarse la teoría de la hipovascularización, parece fácil demostrar una correlación o semejanza entre los estudios revisados en medicina humana y los resultados obtenidos en el presente estudio. El TSE canino se ha observado como una estructura que comienza en el tercio final del vientre muscular y se desarrolla en base a la unión de múltiples fibras tendinosas a lo largo de su recorrido. Se trata de un tendón corto y ancho, algo similar a lo observado en la especie humana (Gagey *et al*, 1990; Neumman *et al*, 1992; Fallon *et al*, 2000; Ruotolo *et al*, 2004; Curtis *et al*, 2006; Kim *et al* 2007; Mochizuki *et al*, 2008). Incluso esta formación del TSE se ha observado ecográficamente (Turrin y Capello, 1997) (Figs. 98 y 99).



Figs. 98 y 99: Comparación de la inserción del tendón supraespinoso en humanos (Imagen izquierda) y caninos (Imagen derecha). En ambos casos esta señalado el TSE (diferentes fechas blancas). La imagen izquierda ha sido obtenida de la dirección electrónica: <http://www.sem ultrasoundctmri.com/article/S0887-2171%2810%2900090-9/abstract>

El "footprint" humano podría asemejarse a la zona hipoecogénica adyacente al hueso observada en la ecografía. La existencia o no de zonas hipovascularizadas necesitaría de estudios más complejos, con análisis doppler y utilización de contrastes vasculares, para poder ser analizada.

La utilización de la ecografía como medio diagnóstico en los problemas de hombro en medicina humana se ha establecido de manera global. Por ello existen numerosas publicaciones científicas en las que se plantea la ecografía de hombro como técnica e idea principal del trabajo. Algunas publicaciones hacen una descripción del método de exploración y de los movimientos que debe hacer el paciente humano para llevar a cabo el estudio dinámico (Rodríguez y Díaz, 2007; Tan *et al* 2006; Winter y Richardson, 1996). Gracias a estos movimientos de la articulación es posible analizar la articulación del hombro en los humanos casi en su totalidad.

Otros artículos describen la anatomía del M. supraespinoso mediante exámenes ecográficos, incluso llegando a establecer medidas del tendón de inserción para ser usadas como referencias futuras (Chiou *et al*, 1996; Turrin y Cappello, 1997; Katayose y Magee, 2001).

La gran mayoría de los estudios de ecografía que se publican tienen como objetivo analizar su capacidad en la búsqueda de lesiones tendinosas, en su mayoría desgarras o roturas (Fig. 100). Numerosos estudios comparan diferentes técnicas en busca del método más efectivo y fiable en el diagnóstico de esta lesión tan frecuente. Todos estos estudios otorgan a la ecografía una alta sensibilidad y especificidad, poniéndola al nivel de la RM como métodos ideales de diagnóstico (Guckel, 1996; Ferrari *et al*, 2002; Ferri *et al*, 2003).

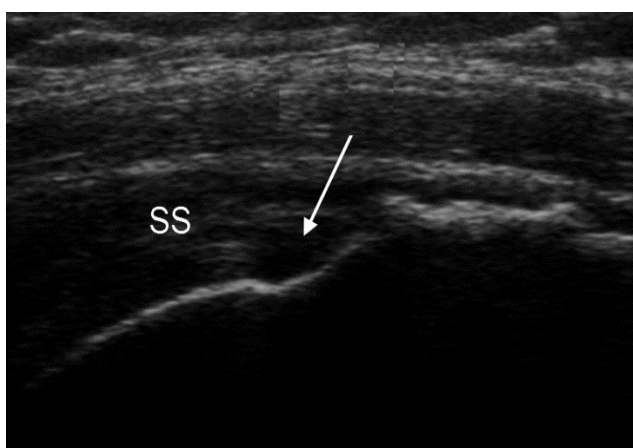


Fig. 100: Imagen ecográfica de un TSE humano (SS) y una zona de desgarro o "tear" (flecha). Imagen obtenida de la dirección electrónica <http://jbjs.org/article.aspx?articleID=29176>

En la búsqueda bibliográfica no se han encontrado artículos de medicina veterinaria que hagan referencia a este tipo de lesión.

Los estudios de ecografía del hombro en otros animales son escasos. La mayoría se han realizado en animales de laboratorio, como modelos de experimentación para posibles cirugías o tratamientos que luego serán aplicados en pacientes humanos. Este modo de investigar permite tener información sobre la anatomía y composición química del hombro en conejos, por ejemplo, en los cuales se han analizado las secuelas de lesiones como los desgarros o las roturas tendinosas (Kumagai *et al*, 1994; Sano *et al*, 2006). No se describe en estos artículos la anatomía del M. supraespinoso, sólo se compara la evolución de los músculos sometidos a cirugía con los animales control.

La especie felina no presenta abundancia de referencias bibliográficas acerca del hombro. La única referencia localizada habla sobre una tenosinovitis del bicipital en un Maine coon. En el artículo no se describe la imagen ecográfica del hombro, pero es la única referencia encontrada de una ecografía de hombro en gatos (Scharf *et al*, 2004). Posiblemente la escasez de artículos sea debida a la dificultad de diagnosticar cojera en estos animales.

En la especie equina existe algún artículo publicado que analiza la anatomía del M. supraespinoso, insertándose, mediante dos tendones diferentes, en ambos tubérculos del húmero (Watson y Wilson, 2007). Ecográficamente se aprecian los tendones de inserción como estructuras cortas, homogéneas y de forma triangular el lateral y ovalada el medial, diferenciándose de lo observado en la especie canina (Tnibar y Joerg, 1998).

Por último se han realizado algunos estudios en el hombro de la especie bovina, con resultados similares a los del caballo. El M. supraespinoso presenta dos tendones de inserción, entre los cuales discurre el TBC, algo que también ocurre en la especie equina (Altenbrunner-Martinek *et al*, 2007).

7.2.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBSERVADOS EN EL MÚSCULO SUPRAESPINOSO CON LOS DESCRITOS EN DIFERENTES MÚSCULOS EN EL PERRO

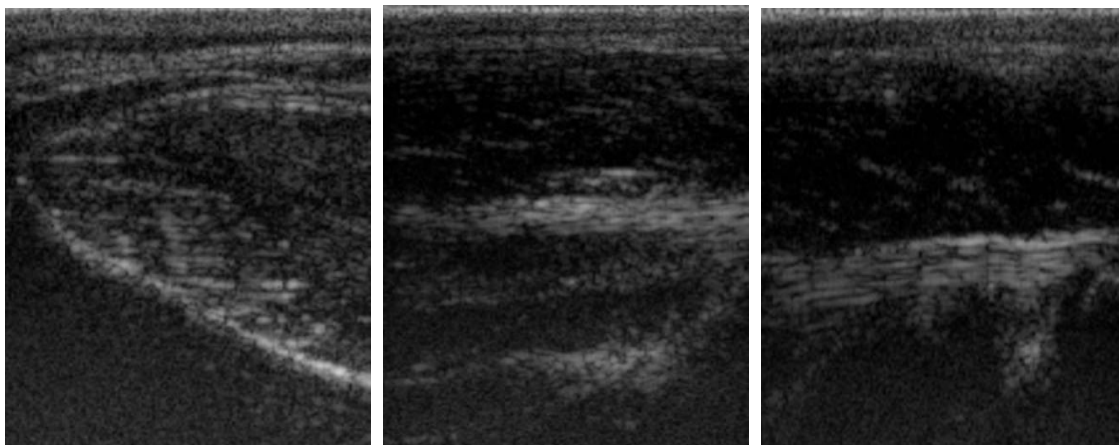
El M. supraespinoso se define como un músculo estriado de morfología fusiforme. Dada su morfología y tipo, comparte la imagen ecográfica de los músculos estriados caninos. La imagen ecográfica típica de los músculos fusiformes ha sido descrita por varios autores (Kramer *et al*, 1997; Long y Nyland, 1999; Piórek y Adamiak, 2010). Según estos artículos, la imagen es la definida como "*espina de pescado*", con una línea hiperecogénica central sobre fondo hipoecoico, con líneas oblicuas que convergen sobre la primera. Esta imagen concuerda con la obtenida en los exámenes realizados en este estudio.

En lo referente a los tendones de origen e inserción de los músculos fusiformes, el primero es inexistente en el M. supraespinoso y el segundo presenta una ecogenicidad típica en su parte proximal, mientras que la parte adherida a la superficie humeral cambia su imagen ecográfica. Este aspecto no ha sido descrito bibliográficamente en otros músculos analizados. La ecogenicidad típica descrita en la bibliografía es la de un tendón homogéneo e hiperecogénico, similar a lo observado en este estudio en la región proximal de tendón (Kramer *et al*, 1997; Long y Nyland, 1999; Piórek y Adamiak, 2010).

Se han publicado algunos estudios de músculos específicos en la especie canina. Este es el caso del M. gastrocnemio (Reed *et al*, 1995). De aspecto similar al M. supraespinoso, su examen ecográfico es muy parecido, pero presenta un tendón de origen visible y el tendón de inserción se une al de otros músculos, sóleo y flexor digital superficial, para formar el tendón calcáneo común, de ecogenicidad similar a la porción proximal del tendón del M. supraespinoso. La imagen ecográfica del M. gastrocnemio es similar a la del supraespinoso en cuanto al vientre muscular, en espina de pescado (Kramer *et al*, 2001; Lamb y Duvernois, 2005).

En cuanto a los otros componentes de la articulación del hombro, el músculo más parecido al M. supraespinoso sería su vecino, el M. infraespinoso. Este músculo se origina y discurre de manera similar, por la fosa infraespinosa (Figs. 101, 102 y 103).

Su inserción en el húmero no presenta ninguna alteración en la ecogenicidad del tendón de inserción, como ocurre en el M. supraespinoso (Long y Nyland, 1999). Durante la realización de este estudio se ha podido observar el M. infraespinoso, y las imágenes son similares a lo reseñado en la bibliografía. Aun así, no era tema de estudio, por lo que no se le dio importancia a este aspecto.



Figs. 101, 102 y 103: Detalles de origen (imagen de la izquierda), vientre (imagen del centro) e inserción (imagen de la derecha) del M. infraespinoso canino.

El M. bíceps braquial es el componente del hombro mas estudiado en veterinaria, por ser su lesión una causa típica de cojera. La tenosinovitis del bicipital se diagnostica con mucha frecuencia en las consultas veterinarias, aunque puede que no sea la causa primaria de la sintomatología, si no una afectación secundaria a otra patología de origen (Bardet, 2002; McKee y Macías, 2004; Kunkel y Rochat, 2088). El M. bicipital es un músculo con una morfología muy diferente a la del M. supraespinoso. Es mucho más alargado, y con un tendón de origen e inserción típicos y sin alteraciones (Kramer *et al*, 1997; 2001(b); Long y Nyland, 1999).

7.2.4. INFLUENCIA DE LOS FACTORES MEDIDOS EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Durante la realización de este estudio se han intentado poner de manifiesto cuales son los factores intrínsecos al individuo, que pudiesen influir en el tamaño y ecogenicidad del TSE, ya que según diferentes artículos, en la especie humana existen diferencias entre grupos de individuos, e incluso diferencias entre los tendones del mismo individuo.

7.2.4.1. Sexo

El sexo ha sido uno de los factores estudiados. En la especie humana parece existir diferencia en el tendón de inserción entre hombres y mujeres. Los tejidos tendinosos de las mujeres están influenciados por ciertas hormonas sexuales, no presentes en proporciones altas en el hombre, como los estrógenos. Por ello existe una diferencia sustancial en la incidencia de patología del hombro entre hombres y mujeres (Hart *et al*, 1998; de Zwart y Frings-Dresen, 2001).

Este punto es difícil de trasladar a la especie canina, ya que tanto la movilidad del hombro, como los niveles de hormonas sexuales son diferentes a las humanas. Aun así, se consideró factible realizar esta diferenciación en el estudio. Los resultados han eliminado esta posibilidad: el sexo no influye en el diámetro ni en la ecogenicidad del TSE, en ninguna de sus porciones.

Lafuente y colaboradores (2009) afirman no encontrar relación entre el sexo del animal y la presencia de cojera, confirmada mediante técnicas de imagen. Esta referencia es la única encontrada que analice el factor sexo en la patología del hombro. No se han encontrado referencias específicas de la imagen ecográfica del M. supraespinoso.

7.2.4.2. Edad

En el caso del perro no se han encontrado estudios sobre la relación de la edad y la imagen ecográfica del M. supraespinoso. Los resultados del presente estudio no demuestran diferencias entre los animales de diferentes edades. Tanto en el análisis de correlación, como en el de grupos divididos por edades, no se han encontrado diferencias que indiquen una influencia de la edad sobre el TSE.

No se han realizado estudios histológicos seriados de los tendones a diferentes edades. Este podría ser un buen punto de partida de estudios futuros.

El análisis del factor edad se realizó pensando en los cambios en la composición bioquímica de los tejidos en individuos de edad avanzada. En medicina humana se tiene conocimiento de estos cambios desde hace años. En 1992 se realizó un estudio

con resultados contradictorios: existía un adelgazamiento notable del tendón de inserción con la edad, definido por los autores como atrofia, pero las fibras de colágeno y el aporte sanguíneo local no presentaban diferencias. Se llegó a la conclusión de que los signos de degeneración articular no estaban relacionados con la edad (Clark y Harryman, 1992).

Mas cercanos en el tiempo quedan otros artículos en los que se reafirman las teorías de Clark y Harryman, pero se evidencian cambios en la composición de colágeno con la edad (Riley *et al*, 2001). Según este artículo, en edades avanzadas el colágeno del TSE pasa a distribuirse de la misma manera a como lo hace en la mayoría de los tendones, en una respuesta adaptativa a las situaciones de estrés dinámico.

Otros autores encontraron aumentos de incidencia de patología con la edad y la disminución del contenido en fibrocartilago de la articulación. Kjellin y colaboradores (1991), Dugas y colaboradores (2002) y Ziegler (2004) se centraban en la imagen ecográfica del tendón, demostrando que la edad está directamente relacionada con la ecogenicidad tendinosa (Ziegler, 2004). También se ha estudiado el cambio de tejido muscular por grasa y tejido conectivo que ocurre en los pacientes geriátricos, con imágenes ecográficas similares a los estudios anteriores (Nielsen *et al*, 2000, 2006) y en los tejidos que han sufrido algún tipo de lesión estructural, en los cuales se acumula tejido fibroso y graso de igual manera que en los pacientes seniles (Melis *et al*, 2010).

La vascularización del hombro también ha sido objeto de estudio y se ha demostrado una disminución en la perfusión vascular en la zona al incrementarse la edad de los individuos estudiados (Potter *et al*, 2007; Rudzki *et al*, 2008). Estos resultados chocan con los obtenidos en los primeros estudios realizados casi 20 años atrás (Clark y Harryman, 1992). Incluso un mismo autor obtiene resultados contrarios en varios estudios. Es el caso de Riley y colaboradores, que en 2001 no encontraron cambios en la composición del tejido tendinoso en función de la edad, mientras que años antes si los había encontrado (Riley *et al*, 1994). Esto demuestra la complejidad de estos estudios, ya que la edad no puede aislarse como un único factor de incidencia, pues siempre está asociada al ejercicio realizado, las posibles lesiones sufridas, etc....

Los resultados presentados por Riley y colaboradores en 2001 tampoco dejan clara la relación de la edad con la imagen ecográfica del TSE. En este trabajo se

reafirma la teoría del incremento de lesiones con la edad, se demuestra un incremento del tamaño del tendón, en oposición a lo demostrado por Clark y Harryman (1992), y se vuelve a demostrar la diferencia en la composición bioquímica de los tendones en función de la edad.

También en otros animales se ha teorizado con la influencia de la edad sobre el tendón del M. supraespinoso. En 1999 y 2007 se realizaron dos estudios en caballos, donde se demostró un cambio en la composición bioquímica del tendón en función de la edad, aunque también se asoció este hecho a la realización de ejercicio físico durante la vida del animal (Cherdchutham *et al*, 1999; Dudhia *et al*, 2007).

7.2.4.3. Peso, altura e índice de masa corporal

El factor denominado peso se incluyó pensando en la posible afectación de los tendones por la infiltración grasa en los animales obesos. Al tener una muestra tan heterogénea se pensó en realizar una corrección por la altura, de un modo similar al índice de masa corporal que se utiliza en los estudios de medicina humana. Pero, como ocurre en esta última, incluso el IMC calculado durante el estudio no es representativo del grado de "obesidad", ya que se ve influido por la conformación del individuo. Es por esto que se han realizado análisis de los tres factores por separado, intentando obtener algún dato significativo.

Existen en la bibliografía diferentes estudios en humanos intentado relacionar el peso y el ejercicio físico, con la imagen ecográfica del TSE. En ellos se demuestra que los tendones eran más anchos en los individuos que realizaban ejercicio físico frecuente que los de la población que no lo hacía (Tipton *et al*, 1975; Maffulli y King, 1992).

Desde los primeros estudios científicos consultados se encuentra una relación directa entre los tendones y la actividad física. Los individuos con mayor actividad física presentaban los tendones más fuertes (Tipton *et al*, 1975) y con menor tasa metabólica y necesidades de aporte sanguíneo (Maffulli y King, 1992), lo que les permite realizar esfuerzos más intensos y continuos sin sufrir lesiones. El problema reside en que al tener menor aporte vascular, tienen peor capacidad de recuperación en caso de lesiones.

La acumulación de tejido graso en el tendón se observa ecográficamente como un incremento en la ecogenicidad del tejido. Esto ocurre en medicina humana en lesiones tendinosas y posterior atrofia muscular por desuso (Boehm *et al*, 2005; Gerber *et al*, 2007; Nakagaki *et al*, 1996; Sofka *et al*, 2004; Williams *et al*, 2009). Además, estos tejidos atróficos son más difíciles de evaluar, su contorno es más irregular y está menos diferenciado. El acúmulo de grasa en el tejido muscular incrementa la ecogenicidad del mismo, por lo que la porción de tendón que se encuentra dentro del vientre muscular se visualiza peor (Strobel *et al*, 2005; Khoury *et al*, 2008).

En otras especies animales también se han realizado estudios de este tipo. Por ejemplo en la rata, se ha demostrado que el ejercicio físico frecuente mejora la vascularización de los tendones (Viidik *et al*, 1996) o en caballos, donde un aumento del ejercicio tiene como respuesta adaptativa un incremento en el tamaño de los tendones de las extremidades y del hombro; y de manera contraria, la estabulación continua produce una disminución del volumen muscular y tendinoso por desuso (Cherdchutham *et al*, 1999; Dudhia *et al*, 2007).

Mediante un análisis por correlación, se comprobó en este trabajo que el peso influye sobre el diámetro de la porción libre de tendón ($P= 0,000671$), pero no sobre la porción adherida ($P= 0,0537$). El valor significativo es menor de 0,05. En cuanto a la ecogenicidad tendinosa, influye en ambas regiones ($P= 0,0275$ en porción libre y $0,0320$ en porción adherida).

En el análisis por grupos se aprecian diferencias significativas entre varios de ellos en el estudio del diámetro. Estas diferencias se aprecian entre perros pequeños y grandes ($P<0,05$) en la región libre de TSE y entre perros medianos y grandes ($P<0,05$) en la porción adherida del TSE. No se dan diferencias significativas entre los diferentes grupos en la ecogenicidad tendinosa, tanto en la región libre del TSE ($P= 0,348$) como en la adherida ($P= 0,108$). Los resultados diferentes en la ecogenicidad, según se analicen los datos en conjunto o por separado, pueden deberse a los diferentes tamaños de los grupos de análisis.

La altura se comporta de manera similar al peso con respecto a su influencia sobre el tendón. En los estudios de correlación, se observa una influencia directa sobre el diámetro del tendón tanto en porción libre ($P= 0,005$) como en la adherida ($P=$

0,00251), no siendo así sobre la ecogenicidad ($P= 0,464$ y $0,426$). Esto podría ser lógico, a mayor tamaño del animal, mayor tamaño de sus estructuras corporales, como el TSE, ya que el hombro deberá cargar con más peso. La ecogenicidad no varía, ya que la proporción de los tejidos que componen el tendón no debería sufrir cambios.

Al realizar la clasificación por grupos se observan diferencias entre varios grupos, en el diámetro tendinoso, no así en la ecogenicidad. En cuanto al diámetro tendinoso, existe diferencia en la porción libre entre los grupos de perros pequeño y grande ($P<0,05$).

Con respecto al IMC, todos los análisis confirman que no influye en ninguna de las medidas realizadas. Esto puede deberse a que este índice se ha realizado de manera artificial, intentando medir la obesidad de los animales, algo realmente difícil.

7.2.4.4. Cojera

El último factor analizado es quizá el más importante de todos. La presencia de patologías en la región del hombro conlleva una inflamación de los tejidos blandos, que en el hombro son mayoría. Los cambios derivados de patología en la ecografía del hombro y el M. supraespinoso se han estudiado en medicina humana desde finales de los años 80 (Lind *et al*, 1989; Alasaarela *et al*, 1997; Naranjo *et al*, 2001; Jacobson *et al*, 2004; Chau y Griffith, 2005; Barisic *et al*, 2006).

Todos estos estudios obtuvieron resultados básicos similares. La primera idea que se obtiene es que cualquier patología del hombro afecta al conjunto de sus estructuras. Por ejemplo, una infección localizada en un hueso o músculo, o un traumatismo óseo producen una imagen ecográfica similar: inflamación generalizada de los tejidos blandos, aumento del líquido articular (derrame peritendinoso) y dolor a la exploración ecográfica (Alasaarela *et al*, 1997). Este cuadro general puede dificultar el diagnóstico debido a la falta de lesiones patognomónicas. Por ello es imprescindible realizar un estudio seriado y completo de la articulación.

La imagen del M. supraespinoso en estos casos de patología aguda del hombro suele ser siempre la misma. El vientre muscular no sufre ninguna alteración, mientras que el tendón de inserción se observa aumentado de tamaño, hipoecogénico y heterogéneo (Lind *et al*, 1989). En los casos de patología crónica se observa un

aumento de ecogenicidad del tendón y una pérdida de estructura (Jacobson *et al*, 2004). El acúmulo de líquido peritendinoso suele aumentar, debido en gran parte a alteraciones secundarias en la articulación, como la artrosis, mientras que el tamaño suele continuar aumentado (Fermand *et al*, 2000).

Lamentablemente, en veterinaria no existen artículos que asocien la ecografía con la patología del hombro. Los artículos publicados sobre patología de la región incluyen la mineralización del M. supraespinoso como una de las más frecuentes alteraciones del hombro, pero en la mayoría de ellos no se incluye la ecografía como medio de diagnóstico (Kriegleder, 1993; Laitinen y Flo, 2000). Otros artículos citan la ecografía de manera muy superficial, sin describir los cambios ecográficos que se observan en las lesiones (Hoskinson y Tucker, 2001; Mc Kee y Macías, 2004; Fransson *et al*, 2005; Lafuente *et al*, 2009). Sin embargo, sí que se ha realizado un estudio de la imagen ecográfica de la osteocondrosis en el hombro del perro, describiendo en profundidad la imagen del cartílago humeral patológico (Vandeveldel *et al*, 2006).

Esta falta de información impide que se puedan comparar los resultados obtenidos en este estudio con los existentes en medicina veterinaria, si bien sí que son extrapolables a la especie humana. En ambos casos se observan comportamientos similares del TSE: aumento de su diámetro y cambios en la ecogenicidad. En el caso de este estudio, siempre se produce un aumento de la ecogenicidad, debido probablemente a que las patologías diagnosticadas eran de tipo crónico.

Evidentemente, la cojera es un factor de influencia en la imagen ecográfica del M. supraespinoso, específicamente en su tendón de inserción. Los resultados estadísticos así lo demuestran en el diámetro ($P= 0,002$ en región libre y $0,005$ en región adherida) y en la ecogenicidad ($P= 0,002$ en región libre y $0,01$ en región adherida).

Se debe reconocer aquí la presencia de otro factor en la especie humana que altera la imagen ecográfica del M. supraespinoso, y sobre todo la de su tendón. Es la existencia de un miembro dominante. Estudios científicos en la especie humana han demostrado la existencia de diferencias en cuanto al tamaño del TSE en función del miembro examinado, ya sea el dominante o no (Katayose y Magee, 2001; Magnusson *et al*, 1994).

En el presente estudio no se han observado diferencias significativas en cuanto al diámetro y ecogenicidad de ambos hombros. Es algo esperable, ya que no existe miembro dominante.

8. CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

Tras los resultados obtenidos y su análisis, y ante la comparación con las referencias bibliográficas consultadas, se pueden obtener las siguientes conclusiones de este estudio:

- El músculo supraespinoso es observable ecográficamente.
- El origen del músculo supraespinoso se encuentra en el borde proximal de la escápula y no es valorable ecográficamente.
- El cuerpo del músculo supraespinoso discurre sobre la fosa supraespinosa escapular y es observable ecográficamente. Su imagen ecográfica es similar a la observada en el tejido muscular estriado.
- El músculo supraespinoso se inserta en el tubérculo mayor humeral mediante un tendón y este es observable ecográficamente.
- El tendón de inserción supraespinoso posee dos porciones ecográficamente diferenciadas. Una de ellas se encuentra adherida a la superficie ósea humeral, mientras la más proximal está libre.
- Existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas regiones del tendón en cuanto a su diámetro y su ecogenicidad. El diámetro de la región libre del tendón de inserción supraespinoso es menor que el de la porción adherida. A su vez, la ecogenicidad de esta última región es menor.
- El diámetro medio del tendón de inserción del músculo supraespinoso en los animales sanos de nuestro estudio es de 2,12 milímetros en su porción proximal, y de 7,06 milímetros en su porción distal.
- No se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el diámetro y ecogenicidad del tendón de inserción supraespinoso entre ambos hombros.

- La presencia de cojera en la extremidad está relacionada con el diámetro y la ecogenicidad del tendón de inserción en sus dos regiones.
- Existe una relación de influencia entre el peso del animal y el diámetro y ecogenicidad de la región libre del tendón de inserción.
- Según los datos obtenidos, existe una relación de influencia entre la altura a la cruz y el diámetro del tendón de inserción supraespinoso en sus dos porciones.

9. RESUMEN

9. RESUMEN

9.1. INTRODUCCIÓN

La articulación del hombro es una de las articulaciones que presenta una mayor movilidad dentro del sistema musculo esquelético canino. Esta movilidad lleva implícita una inestabilidad que puede dar origen a patología articular. En medicina humana el M. supraespinoso se señala como uno de los principales agentes etiopatogénicos. Esto podría tener una correlación en la especie canina, aunque la anatomía difiere en ciertos aspectos entre las dos especies.

Las herramientas diagnósticas más utilizadas en la clínica veterinaria diaria son la radiología y, en menor medida, la resonancia magnética. La ecografía, utilizada frecuentemente en medicina humana, no se presenta en esta lista debido a las dificultades que presenta. La dependencia del operador, tan citada en todos los artículos ecográficos, se presenta en el caso de la ecografía musculo-esquelética como el mayor impedimento para la expansión de esta herramienta diagnóstica. Es muy difícil encontrar un profesional capaz de realizar un estudio musculo-esquelético completo en la especie canina.

9.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión bibliográfica realizada previamente a este trabajo presenta una dificultad imprevista: no existe bibliografía específica sobre este tema en medicina veterinaria, salvo tres referencias de ecografía musculo-esquelética general y dos estudios descriptivos de la ecografía del hombro, sin entrar en ningún caso a describir el M. supraespinoso y su anatomía ecográfica. La única posibilidad planteada en este estudio ha sido la de comparar los resultados obtenidos con la ecografía del M. supraespinoso en la especie humana. En esta, sí existe algún artículo específico del músculo, aunque se plantean ciertas incógnitas que todavía no han sido esclarecidas.

El conocimiento de la física de los ultrasonidos, incluyendo las definiciones de frecuencia y amplitud, permite desarrollar los protocolos de exploración para el M.

supraespinoso e intentar maximizar la información obtenida en las exploraciones. Se debe estandarizar la mecánica exploratoria con el fin de poder comparar los estudios realizados en diferentes momentos. Las referencias craneal/caudal e izquierda/derecha deben quedar definidas, así como las relaciones de intensidad de grises.

La anatomía del músculo debe quedar clara antes de comenzar con las exploraciones ecográficas. El músculo, desde un punto de vista morfológico, se clasifica como fusiforme, con un origen aponeurótico y una inserción con un tendón que presenta dos porciones bien definidas anatómicamente. La primera de ellas puramente tendinosa, mientras que la región de adhesión a la superficie humeral es de tipo fibrocartilaginoso. Esta región distal presenta una mayor incidencia de patología, por lo que se teoriza, en la especie humana, con una influencia del patrón histológico en las patologías supraespinosas. El vientre muscular es típico y no presenta ninguna característica llamativa.

9.3. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio son varios. En primer lugar poder realizar una descripción ecográfica del músculo. Como objetivos secundarios aparecen la obtención de diferentes medidas de diámetro y ecogenicidad tendinosas en el tendón de inserción. Por último, con estos datos y con las diferentes características medidas en los pacientes (peso, altura, raza, edad y sexo), se intentará buscar una relación entre estos datos y los valores de diámetro y ecogenicidad tendinosas.

Nuestras hipótesis se basan en que la ecografía del músculo es posible y los factores edad, peso, altura y raza, influirán en el diámetro y ecogenicidad tendinosas.

Aprovechando los casos que se presenten en la clínica con cojera del miembro anterior, se realizaran exploraciones de la extremidad, incluyendo el M. supraespinoso. En este caso cabe incluir otro factor en el estudio, la presencia de cojera. Este parámetro influirá, teóricamente, en el diámetro y ecogenicidad del tendón.

9.4. MATERIAL Y MÉTODOS

Los animales utilizados en este estudio tuvieron dos orígenes, uno de ellos el Hospital Clínico Veterinario Complutense, y el otro la clínica veterinaria "Mi Mascota". Los pacientes sin cojera y que aceptaron realizar esta prueba fueron 44, con lo que se obtuvieron datos de 88 músculos. Además, se obtuvieron datos de 21 animales con cojera, con 42 Mm. supraespinosos valorados.

Los resultados obtenidos después de las exploraciones se analizaron estadísticamente, obteniéndose un patrón de datos con distribución normal, y diferentes valores estadísticos, incluyendo medias, desviaciones, y otros.

El protocolo de exploración comenzó con una descripción ecográfica del origen muscular, un análisis del vientre y una ecografía del tendón de inserción, diferenciando entre las dos partes observadas en la disección anatómica previa. En estas dos regiones se realizaron las mediciones de diámetros, mientras que los análisis de ecogenicidad se llevaron a cabo después de la realización del estudio ecográfico. Las imágenes guardadas en formato informático se procesaron con el programa ImageJ, analizando la intensidad de los píxeles que conformaban cada parte del tendón de inserción en cada imagen.

Antes de comenzar con la toma de muestras, se realizó un estudio ecográfico en un cadáver. Se inyectó tinta china en la región observada ecográficamente que correspondía, en teoría, con el TSE. Una vez depositada la tinta y acabada la ecografía del cadáver, se procedió a diseccionar el hombro, observando que el depósito de tinta estaba localizado en el TSE. Esta prueba confirmó que la estructura observada en la ecografía correspondía efectivamente con el TSE.

9.5. RESULTADOS

Después de la finalización del estudio se procedió a describir el protocolo de exploración diseñado. Este incluye la evaluación del origen, vientre muscular y tendón de inserción del M. supraespinoso.

Los resultados obtenidos en este estudio aportan unos valores numéricos de diámetro y ecogenicidad. Los valores de diámetro tendinoso pueden ser utilizados como referencia en la clínica diaria ante la sospecha de lesión tendinosa con alteración del tamaño. Los valores de ecogenicidad no son de aplicación clínica, ya que en la exploración rutinaria no se obtienen valores de este tipo. Estos valores sirven para analizar la influencia de los diferentes factores estudiados sobre la ecogenicidad del tendón de inserción.

Después del análisis estadístico de los resultados se obtiene que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos partes del TSE. La primera parte, más cercana al vientre muscular es heterogénea e hiperecogénica con respecto a la segunda parte, distal, más ancha y homogénea e hipoecoica.

Se han obtenido valores numéricos de anchura tendinosa del TSE, con posible aplicación en exploraciones futuras. Estos valores son como siguen:

Anchura tendinosa en el área proximal: $1,93\text{mm} \pm 0,135\text{mm}$

Anchura tendinosa en el área distal: $6,395\text{mm} \pm 0,670\text{mm}$

Los valores numéricos de ecogenicidad no son útiles en clínica, pero a pesar de ello se exponen aquí:

Ecogenicidad media del tendón en el área proximal: $60,16 \text{ greys} \pm 5,8 \text{ greys}$

Ecogenicidad media del tendón en el área distal: $11,87 \text{ greys} \pm 2,52 \text{ greys}$

Después del análisis estadístico de los resultados y del estudio de la interacción parámetro/variable, nuestro trabajo concluye que los factores analizados que presentan influencia estadística sobre el tamaño o ecogenicidad tendinosas son:

- Peso,
- Altura, y
- Cojera.

Estos tres factores tienen influencia sobre el tamaño y ecogenicidad del TSE, mientras que el sexo, la edad y el IMC no se relacionan estadísticamente con el diámetro y la ecogenicidad tendinosas.

También se ha realizado un estudio de las lesiones aparecidas en los perros que presentaban cojera de miembro anterior. En la mayoría de ellos se aprecia un aumento de diámetro y ecogenicidad tendinosa, así como, en los casos más avanzados, unas imágenes compatibles con mineralizaciones en la región adherida al hueso humeral.

Este hallazgo es similar al observado en medicina humana en los casos de calcificación, por lo que podría tener una etiopatogenia similar a la de la especie humana. Esto es sólo una teoría, se necesitarían un mayor número de casos patológicos y ciertos estudios histológicos para poder confirmar esta teoría, que no es objetivo de este estudio.

9.6. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio se enumeran a continuación:

- El músculo supraespinoso es observable ecográficamente.
- El origen del músculo supraespinoso se encuentra en el borde proximal de la escápula y no es valorable ecográficamente.
- El cuerpo del músculo supraespinoso discurre sobre la fosa supraespinosa escapular y es observable ecográficamente. Su imagen ecográfica es similar a la observada en el tejido muscular estriado.
- El músculo supraespinoso se inserta en el tubérculo mayor humeral mediante un tendón y este es observable ecográficamente.
- El tendón de inserción supraespinoso posee dos porciones ecográficamente diferenciadas. Una de ellas se encuentra adherida a la superficie ósea humeral, mientras la más proximal está libre.
- Existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas regiones del tendón en cuanto a su diámetro y su ecogenicidad. El diámetro de la región libre del tendón de inserción supraespinoso es menor que el de la porción adherida. A su vez, la ecogenicidad de esta última región es menor.
- El diámetro medio del tendón de inserción del músculo supraespinoso en los animales sanos de nuestro estudio es de 2,12 milímetros en su porción proximal, y de 7,06 milímetros en su porción distal.

- No se aprecian diferencias estadísticamente significativas en el diámetro y ecogenicidad del tendón de inserción supraespinoso entre ambos hombros.
- La presencia de cojera en la extremidad está relacionada con el diámetro y la ecogenicidad del tendón de inserción en sus dos regiones.
- Existe una relación de influencia entre el peso del animal y el diámetro y ecogenicidad de la región libre del tendón de inserción.
- Según los datos obtenidos, existe una relación de influencia entre la altura a la cruz y el diámetro del tendón de inserción supraespinoso en sus dos porciones.

10. SUMMARY

10. SUMMARY

10.1. INTRODUCTION

The shoulder joint is one of the most mobile of the canine musculoskeletal system. This mobility is lined to an instability that could be the origin of a joint disease. In human medicine the Supraspinatus muscle is pointed as one of the main etiopathogenic agents in shoulder pain. This could have a correlation with the canine species, although the anatomy of the dog is significantly different from the human one in some points. Despite these differences, the presence of similar etiopatogeny in some pathologies leads to assume a close correlation between human and canine shoulder illness. Veterinary medicine could take advantage of the human researches, including protocols and tools in diagnostic imaging.

The most used tools in veterinary medicine are the X-ray and, in short cases, the magnetic resonance. Ultrasounds, frequently used in human diagnostics, are not used due to several problems. The operator dependence, always referenced in ultrasonographic publications, is in this case the biggest problem that dismisses the use of this diagnostic tool in veterinary medicine. It used to be very hard to find an ultrasonographer able to perform an orthopaedic study in canines.

10.2. BIBLIOGRAPHIC REVIEW

There was an unexpected problem during the previous bibliographic research. There is no specific bibliography about this topic, except three papers related to the ultrasound of the musculoskeletal system, and two more publications pointed on ultrasound of the canine shoulder. Neither of these is focused on the Supraspinatus muscle. Owing to this problem, we were forced to use human publications in order to have any kind of information to compare with. In human medicine, this topic is widely covered and still under investigation due to the fact that shoulder pathologies often lead to a working incapability, and have a consequent economic impact.

The first step during this study was to understand the physics of the US, with special attention to the ideas of frequency and wide range. The exploratory mechanism might be standardized in order to allow the comparison of studies carried out in different periods of time. The references defined as cranial/caudal and left/right must be defined, as well as the grey intensity relations. The standardization of ultrasonographic protocols is widely assumed as a key point in diagnostic imaging as well as ultrasound-related research.

The anatomy of the muscle will be recognized before the start of the study. From a morphologic point of view, the supraspinatus is a fusiform muscle, with an aponeurotic origin, and an insertion tendon which has two anatomically differenced portions. First of this portion is purely tendinous, while the distal one, which is in contact with the humeral bone surface, presents a fibrocartilagenous pattern. This distal region shows a higher incidence of pathology in humans in almost the cases related to a reduction in ticular vascularise, that's the reason why there is a theory about an influence of the histological pattern in the Supraspinatus pathology.

The muscular belly is typical, without any notable characteristic.

10.3. OBJECTIVES

The main objective of this study is the ultrasonographic description of the Supraspinatus muscle, including its shape, internal structure and location. As secondary objectives there are the obtaining of numeric values of the width of the tendon, specifically in the insertion tendon, as well as information of echogenicity in different parts of the Supraspinatus muscle.

Last objective is the statistical analysis of different factors according to their possible influence on the Supraspinatus insertion tendon (SIT) size and echogenicity. This objective is related to human pathologies, where is widely assumed that different measured factors or parameters have influence in the presence and evolution of shoulder pathologies.

The hypothesis of this study are that the ultrasound exam of the Supraspinatus muscle is possible, and that there is a direct influence of weight, height, age and breed on the SIT.

Taking advantage of the animals examined in the Complutense's Veterinary Clinical Hospital, another factor will be analyzed, the presence of lameness and its influence on the SIT. In theory, the presence of lameness in the shoulder leads to an inflammatory process inside the tendon, and this inflammation will carry a modification in volume and echogenicity of the SIT.

10.4. MATHERIAL AND METHODS

Animals examined during this study came from two different origins. First was the veterinary Clinique "Mi Mascota", and the other the previously cited Complutense's Veterinary Clinical Hospital. Animals from the first one were 44, all of them healthy, while from the second place there were 21 patients, all of them with lameness in one or both upper extremities.

Regarding to the designed experiment, with a bilateral examination of the shoulders, the total number of structures analyzed was 130. Results obtained after the exams were statistically analyzed, with a result of normally distributed data, and the obtaining of several statistical values.

The exploratory protocol started with an ultrasonographic description of the muscle origin followed by the muscle belly and the SIT. There were two different portions of this last structure, as the previous anatomical dissection showed. Measurements of the tendon size and echogenicity were obtained in both different regions of the SIT. Storage images were analyzed after the ultrasonographic exam, with ImageJ® software, obtaining values of the pixels intensity inside the tendon.

Previously to the performance of the ultrasound exams, a pilot exam was carried out on a cadaver, injecting dark ink inside the observed structure, supposed to

be the SIT. After the injection, the joint was opened, looking for the ink deposit which was placed over the SIT. This simple procedure confirmed the structure seen in the ultrasonographic exam as the SIT.

10.5. RESULTS

An echographic protocol of the Supraspinatus muscle is designed after the finishing of this experiment. It includes the evaluation of the origin, belly and insertion of the muscle.

The data obtained during this experiment provide numeric values of size and echogenicity. Values of size can be used as reference ones in the daily clinical procedures. Values of echogenicity are not suitable for been used in clinical exams, because the echogenicity is usually analyzed as a comparison of different structures, there are no numeric values of echogenicity in a routine exam. These numeric values obtained are used in this study as a tool to analyze the theoretical effect of different factors over the SIT.

After the statistical analysis results show that there is a significant difference between two parts of the SIT. First part closer to the muscle belly, is hiperechoic and thin, while the distal part of the tendon can be observed as homogeneous, hipoechoic and width. These differences can be understood as the imaging representation of different histological structures. As appends in human beings, the distal part of the SIT seems to be less fibrotic and softer than the proximal part of the SIT.

Numeric values have been calculated, including a gold standard value of SIT width, which could be applied in future exams. These values are as follows:

Tendon width in the proximal area: 1,93mm \pm 0,135mm

Tendon width in the distal area: 6,395mm \pm 0,670mm
--

Numeric results from echogenicity have no application (clinical studies do not include numeric values from echogenicity). Despite of this, they have been calculated:

Mean echogenicity of the tendon in proximal area: 60,16 greys \pm 5,8 greys

Mean echogenicity of the tendon in distal area: 11,87 greys \pm 2,52 greys
--

The measured parameters from the animals that have a statistical influence over the size or echogenicity of the SIT are listed now:

- Weight
- Height
- Lameness

These three parameters have influence over both size and echogenicity of the TSI, while sex, age and corporal mass index do not affect the cited tendon. It seems to be clear that, logically, the higher the animal is, the whither the tendon should be. Same idea could be applied to weight: more weight means more charge on the shoulders, and more force should be necessary to maintain the horizontal position of the cranial part of the body. More force leads to wither tendon, able to support the dynamic stress of the joint. Differences related to lameness could be based on the inflammatorily process that the joint used to suffer in shoulder pathologies.

There was too an echographic description of the lesions observed during this experiment. Most of this injures or pathologies were related to an increasing of the intraarticular fluid, mostly rounding the biceps tendon. An increasing in the width as well as a decreasing in the echogenicity of the SIT was observed in almost the cases. Furthermore, in chronic processes, mineral deposits were commonly observed in the distal part of the SIT.

10.6. CONCLUSIONS

The final conclusions of this study can be numbered at this point:

- Supraspinatus muscle can be observed by ultrasounds.
- The origin of the muscle is placed at the proximal edge of the scapula, and cannot be evaluated by ultrasounds.

- The belly of the muscle goes over the Supraspinatus fossa, and it is echographically similar to muscles described in bibliography. It finishes in an insertion tendon.
- The Supraspinatus insertion tendon presents its attachment on the great tubercle of the humerus. It can be divided in two different portions due to their echographic image.
- The proximal portion of the insertion tendon is thinner and more echoic than the distal one. These differences have statistical significance.
- There are no statistical differences in the ultrasonographic values between both shoulders.
- The weight, height and presence of lameness affect the size and echogenicity of the Supr

11. BIBLIOGRAFÍA

11. BIBLIOGRAFÍA

1. ABATE, M.; SCHIAVONE, C.; SALINI, V.: Sonographic evaluation of the shoulder in asymptomatic elderly subjects with diabetes. *Musculoskelet Disord.* 7(11):278. 2010.
2. ADLER, R.S.; FEALY, S.; RUDZKI, J.R.; KADRMAS, W.; VERMA, N.N.; PEARLE, A.; LYMAN, S.; WARREN, R.F.: Rotator cuff in asymptomatic volunteers: contrast-enhanced US depiction of intratendinous and peritendinous vascularity. *Radiology.* 248(3):954-61. 2008.
3. AKERBLOM, S.; SJÖSTRÖM, L.: Evaluation of clinical, radiographical and cytological findings compared to arthroscopic findings in shoulder joint lameness in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 20(2):136-41. 2007.
4. ALASAARELA, E.; TAKALO, R.; TERVONEN, O.; HAKALA, M.; SURAMO, I.: Sonography and MRI in the evaluation of painful arthritic shoulder. *Br J Rheumatol.* 36(9):996-1000. 1997.
5. ALTENBRUNNER-MARTINEK, B.; GRUBELNIK, M.; KOFLER, J.: Ultrasonographic examination of important aspects of the bovine shoulder-physiological findings. *Vet Journal.* 173(2):317-24. 2007.
6. BACKHAUS, M.; BURMESTER, G.R.; GERBER, T.; GRASSI, W.; MACHOLD, K.P.; SWEN, W.A.; WAKEFIELD, R.J.; MANGER, B.: Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann Rheum Dis.* 60(7):641-9. 2001.
7. BARDET, J.F.: Diagnosis of shoulder instability in dogs and cats: a retrospective study. *J Am Anim Hosp Assoc.* 34(1):42-54. 1998.
8. BARDET, J.F.: Shoulder diseases in dogs. *Vet Med.* 909-18. 2002.

9. BARISIĆ, I.; LJUTIĆ, D.; JANKOVIĆ, S.; VLAK, T.; TOMIĆ, S.; KOKIĆ, S.; ERCEG, M.: Relevant sonographic parameters of a painful shoulder in symptomatic dialyzed patients versus asymptomatic dialyzed and healthy volunteers. *Coll Antropol.* 30(2):313-8. 2006.
10. BELTRAN, J.; GRAY, L.A.; BOOLS, J.C.; ZUELZER, W.; WEIS, L.D.; UNVERFERTH, L.J.: Rotator cuff lesions of the shoulder: evaluation by direct sagittal CT arthrography. *Radiology.* 160(1):161-5. 1986.
11. BENJAMIN, M.; KUMAI, T.; MILZ, S.; BOSZCZYK, B.M.; BOSZCZYK, A.A.; RALPHS, J.R.: The skeletal attachment of tendons-tendon "entheses". *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 133(4):931-45. 2002.
12. BERENSON, M.C.; BLEVINS, F.T.; PLAAS, A.H.; VOGEL, K.G.: Proteoglycans of human rotator cuff tendons. *J Orthop Res.* 14(4):518-25. 1996.
13. BODENSTEINER, J.; SCHOCHET, S.: Normal supraspinatus muscle. *Muscle Nerve.* 10(9):837-9. 1987.
14. BOEHM, T.D.; KIRSCHNER, S.; MUELLER, T.; SAUER, U.; GOHLKE, F.E.: Dynamic ultrasonography of rotator cuff muscles. *J Clin Ultrasound.* 33(5):207-13. 2005.
15. BRADLEY, M.; BHAMRA, M.S.; ROBSON, M.J.: Ultrasound guided aspiration of symptomatic supraspinatus calcific deposits. *Br J Radiol.* 68(811):716-9. 1995.
16. BRADLEY, Y.C.; CHANDNANI, V.P.; GAGLIARDI, J.A.; REEVES, T.Q.: Partial thickness supraspinatus tears: diagnosis by magnetic resonance arthrography. *Australas Radiol.* 39(2):124-7. 1995.
17. BUTTERWICK, R.: How fat is that cat?. *J Feline Med Surg.* 2(2):91-4. 2000.
18. CHANSKY, H.A.; IANNOTTI, J.P.: The vascularity of the rotator cuff. *Clin Sport Med.* 10(4):807-22. 1991.

19. CHAU, C.L.; GRIFFITH, J.F.: Musculoskeletal infections: ultrasound appearances. *Clin Radiol*.60 (2):149-59. 2005.
20. CHERDCHUTHAM, W.; BECKER, C.; SMITH, R.K.; BARNEVELD, A.; VAN WEEREN, P.R.: Age-related changes and effect of exercise on the molecular composition of immature equine superficial digital flexor tendons. *Equine Vet J Suppl.* (31):86-94. 1999.
21. CHIOU, H.J.; HSU, C.C.; CHOU, Y.H.; TIU, C.M.; JIM, Y.F.; WU, J.J.; CHANG, C.Y.: Sonographic signs of complete rotator cuff tears. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* (Taipei). 58(6):428-34. 1996.
22. CHURCHILL, R.S.; FEHRINGER, E.V.; DUBINSKY, T.J.; MATSEN, F.A.: Rotator cuff ultrasonography: diagnostic capabilities. *J Am Acad Orthop Surg.* 12(1):6-11. 2004.
23. CLARK, J.M.; HARRYMAN, D.T.: Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy. *J Bone Joint Surg Am.* 74(5):713-25. 1992.
24. CLIMENT S.; BASCUAS, J.A.: Cuadernos de anatomía y embriología veterinaria. 2ª edición. Editorial Marban. Madrid. 160 páginas. 1989.
25. COARI, G.; PAOLETTI, F.; IAGNOCCO, A.: Shoulder involvement in rheumatic diseases. Sonographic findings. *J Rheumatol.* 26(3):668-73. 1999.
26. COGAR, S.M.; COOK, C.R.; CURRY, S.L.; GRANDIS, A.; COOK, J.L.: Prospective evaluation of techniques for differentiating shoulder pathology as a source of forelimb lameness in medium and large breed dogs. *Vet Surg.* 37(2):132-41. 2008.
27. CURTIS, A.S.; BURBANK, K.M.; TIERNEY, J.J.; SCHELLER, A.D.; CURRAN, AR.: The insertional footprint of the rotator cuff: an anatomic study. *Arthroscopy.* 22(6):609.e1. 2006.

28. DE CANDIA, A.; DRATIOTTO, S.; PASCHINA, E.; SEGATTO, E.; PELIZZO, F.; BAZZOCCHI, M.: Real-time compound sonography of the rotator-cuff: evaluation of artifact reduction and image definition. *Radiol Med.* 105(4):308-14. 2003.
29. DE ZWART, B.C.H.; FRINGS-DRESEN, M.H.W.: Gender differences in upper extremity musculoskeletal complaints in the working population. *Int Arch Occup Environ Health.* 74(21): 21-30. 2001.
30. DEVITT, C.M.; NEELY, M.R.; VANVECHTEN, B.J.: Relationship of physical examination test of shoulder instability to arthroscopic findings in dogs. *Vet Surg.* 36(7):661-8. 2007.
31. DONALD, I.: Investigation of abdominal masses by pulsed ultrasound, *The Lancet.* 271:1188-95. 1958.
32. DONE, S.H.: Atlas en color de anatomía veterinaria: el perro y el gato. 2ª edición. Editorial Harcourt Brace. Madrid. 544 páginas. 2010.
33. DRAKEFORD, M.K.; QUINN, M.J.; SIMPSON, S.L.; PETTINE, K.A.: A comparative study of ultrasonography and arthrography in evaluation of the rotator cuff. *Clin Orthop Relat Res.* 253:118-22. 1990.
34. DUDHIA, J.; SCOTT, C.M.; CRAPER, E.R.C.; HEINEGARD, D.; PITSILLIDES, A.A.; SMITH, R.: Aging enhances a mechanically-induced reduction in tendon strength by an active process involving matrix metalloproteinase activity. *Aging Cell.* 6:547-556. 2007.
35. DUGAS, J.R.; CAMPBELL, D.A.; WARREN, R.F.; ROBIE, B.H.; MILLETT, P.J.: Anatomy and dimensions of rotator cuff insertions. *J Shoulder Elbow Surg.* 11(5):498-503. 2002.
36. DUSSIK, K.T.: Ultraschalldiagnostik, insbesondere bei Gehirnerkrankungen, mittels Hyperphonographie. *Z Phys Ther.* 1:9-10. 1948.

37. DUSSIK, K.T.; FRITCH, D.J.; KYRIAZIDOU, M.; SEAR, R.S.: Measurements of articular tissues with ultrasound. *Am J Phys Med. Jun.* 37(3):160-165. 1958.
38. ECHEVERRY, D.F.; GIL, F.; LAREDO, F.; AYALA, M.D.; BELDA, E.; SOLER, M.; AGUT, A.: Ultrasound-guided block of the sciatic and femoral nerves in dogs: a descriptive study. *Vet Journal.* 186(2):210-5. 2010.
39. EVANS, HE.: Miller's Anatomy of the dog. 3ª edición. W.B. Saunders Company. Philadelphia. 1130 páginas. 1993.
40. FALLON, J.; BLEVINS, F.T.; VOGEL, K.; TROTTER, J.: Functional morphology of the supraspinatus tendon. *J Orthop Res.* 20(5):920-6. 2002.
41. FAN, L.; SARKAR, K.; FRANKS, D.J.; UHTHOFF, H.K.: Estimation of total collagen and types I and III collagen in canine rotator cuff tendons. *Calcif Tissue Int.* 61(3):223-9. 1997.
42. FERMAND, M.; HASSEN, C.S.; ARICHE, L.; SAMUEL, P.; POSTEL, J.M.; BLANCHARD, J.P.; GOLDBERG, D.: Ultrasound investigation of the rotator cuff after computed arthrotomography coupled to bursography. *Joint Bone Spine.* 67(4):310-4. 2000.
43. FERRARI, F.S.; GOVERNI, S.; BURRESI, F.; VIGNI, F.; STEFANI, P.: Supraspinatus tendon tears: comparison of US and MR arthrography with surgical correlation. *Eur Radiol.* 12(5):1211-7. 2002.
44. FERRI, M.; FINLAY, K.; POPOWICH, T.; STAMP, G.; SCHURINGA, P.; FRIEDMAN, L.: Sonography of full-thickness supraspinatus tears: comparison of patient positioning technique with surgical correlation. *Am J Roentgenol.* 184(1):180-4. 2005.
45. FIRESTONE, F.A.: The Supersonic reflectoscope, an instrument for inspecting the interior of solid parts by means of sound waves. *J Acoust Soc Am.* 17(3):287-99. 1946.

46. FLO, G.L.; MIDDLETON, D.: Mineralization of the supraspinatus tendon in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 197(1):95-7. 1990.
47. FOTIADOU, A.N.; VLYCHOU, M.; PAPADOPOULOS, P.; KARATAGLIS, DS.; PALLADAS, P.; FEZOULIDIS, I.V.: Ultrasonography of symptomatic rotator cuff tears compared with MR imaging and surgery. *Eur J Radiol.* 68(1):174-9. 2008.
48. FRANSSON, B.A.; GAVIN, P.R.; LAHMERS, K.K.: Supraspinatus tendinosis associated with biceps brachii tendon displacement in a dog. *J Am Vet Med Assoc.* 227(9):1429-33. 2005.
49. FUNK, L.: Rotator Cuff Biomechanics. *MSc Orthopaedic Engineering*, 2005. Publicación electrónica: <http://www.shoulderdoc.co.uk>
50. GAGEY N.; GAGEY O.; BASTIAN G.; LASSAU J.P.: The fibrous frame of the supraspinatus muscle. Correlations between anatomy and MRI findings. *Surg Radiol Anat.* 12(4):291-2. 1990.
51. GAGEY, N.; QUILLARD, J.; GAGEY, O.; MEDURI, G.; BITTOUN, J.; LASSAU, JP.: Tendon of the normal supraspinatus muscle: correlations between MR imaging and histology. *Surg Radiol Anat.* 17(4):329-34. 1995.
52. GALATZ, L.M.; ROTHERMICH, S.; VANDERPLOEG, K.; PETERSEN, B.; SANDELL, L.; THOMOPOULOS, S.: Development of the supraspinatus tendon-to-bone insertion: localized expression of extracellular matrix and growth factor genes. *J Orthop Res.* 25(12):1621-8. 2007.
53. GALATZ, L.M.; SANDELL, L.J.; ROTHERMICH, S.Y.; DAS, R.; MASTNY, A.; HAVLIOGLU, N.; SILVA, M.J.; THOMOPOULOS, S.: Characteristics of the rat supraspinatus tendon during tendon-to-bone healing after acute injury. *J Orthop Res.* 24(3):541-50. 2006.

54. GARRIDO BULLON, A.: Física del sonido (Mecánica y ondas). 1ª edición. Editorial Sanz y Torres. Madrid. 398 páginas. 1996.
55. GERBER, C.; SCHNEEBERGER, A.G.; HOPPELER, H.; MEYER, D.C.: Correlation of atrophy and fatty infiltration on strength and integrity of rotator cuff repairs: a study in thirteen patients. *J Shoulder Elbow Surg.* 16(6):691-6. 2007.
56. GOLD, R.H.; SEEGER, L.L.; YAO, L.: Imaging shoulder impingement. *Skeletal Radiol.* 22(8):555-61. 1993.
57. GOTOH, M.; HIGUCHI, F.; SUZUKI, R.; YAMANAKA, K.: Progression from calcifying tendinitis to rotator cuff tear. *Skeletal Radiol.* 32(2):86-9. 2003.
58. HART, D.A.; ARCHAMBAULT, J.M.; KYDD, A.; RENO, C.; FRANK, C.B.; HERZOG, W.: Gender and neurogenic variables in tendon biology and repetitive motion disorders. *Clin Orthop Relat Res.* (351):44-56. 1998.
59. HAZLEMAN, B.: Why is the supraspinatus tendon such a common site for calcification? *Br J Rheumatol.* 29(5):373. 1990.
60. HERTEL, R.; LAMBERT, S.M.: Supraspinatus rupture at the musculotendinous junction. *J Shoulder Elbow Surg.* 7(4):432-5. 1998.
61. HOSKINSON, J.J.; TUCKER, R.L.: Diagnostic imaging of lameness in small animals. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 31(1):165-80. 2001.
62. HOLMES, J.H.; HOWRY, D.H.; POSAKONY, G.J.; CUSHMAN, C.R.: The ultrasonic visualization of soft tissue structures in the human body. *Trans Am Clin Climatol Assoc.* 66:208-25. 1954.
63. IAGNOCCO, A.; COARI, G.; LEONE, A.; VALESINI, G.: Sonographic study of painful shoulder. *Clin Exp Rheumatol.* 21(3):355-8. 2003.

64. ITOI, E.; BERGLUND, L.J.; GRABOWSKI, J.J.; SCHULTZ, F.M.; GROWNEY, E.S.; MORREY, B.F.; AN, K.N.: Tensile properties of the supraspinatus tendon. *J Orthop Res.* 13(4):578-84. 1995.
65. JACOBSON, J.A.; LANCASTER, S.; PRASAD, A.; VAN HOLSBEECK, M.T.; CRAIG, J.G.; KOLOWICH, P.: Full-thickness and partial-thickness supraspinatus tendon tears: value of US signs in diagnosis. *Radiology.* 230(1):234-42. 2004.
66. JEUNETTE, I.; GRECO, D.; AQUINO, F.; DETILLEUX, J.; PETERSON, M.; ROMANO, V.; TORRE, C.: Effect of breed on body composition and comparison between various methods to estimate body composition in dogs. *Res Vet Sci.* 88(2):227-32. 2010.
67. JIMÉNEZ DIAZ, J.F.: Ecografía del aparato locomotor. 1ª edición. Editorial Marban. Madrid. 280 páginas. 2007.
68. JONES, G.B.: Painful shoulder; calcification of the supraspinatus tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 31B(3):433-5. 1949.
69. KATAYOSE, M.; MAGEE, D.J.: The cross-sectional area of supraspinatus as measured by diagnostic ultrasound. *J Bone Joint Surg Br.* 83(4):565-8. 2001.
70. KEALY, J.K.; MCALLISTER, H.; GRAHAM J.P.: Diagnostic radiology and ultrasonography of the dog and cat. 4ª edición. Editorial Saunders - Elsevier. St. Louis. 592 páginas. 2005.
71. KHOURY, V.; CARDINAL, E.; BRASSARD, P.: Atrophy and fatty infiltration of the supraspinatus muscle: sonography versus MRI. *Am J Roentgenol.* 190(4):1105-11. 2008.
72. KIM, H.A.; KIM, S.H.; SEO, Y.I.: Ultrasonographic findings of painful shoulders and correlation between physical examination and ultrasonographic rotator cuff tear. *Mod Rheumatol.* 17(3):213-9. 2007.

73. KIM, S.Y.; BOYNTON, E.L.; RAVICHANDIRAN, K.; FUNG, L.Y.; BLEAKNEY, R.; AGUR, A.M.: 3D study of the musculotendinous architecture of supraspinatus and its functional correlations. *Clin Anat.* 20(6):648-55. 2007.
74. KJELLIN, I.; HO, C.P.; CERVILLA, V.; HAGHIGHI, P.; KERR, R.; VANGNESS, C.T.; FRIEDMAN, R.J.; TRUDELL, D.; RESNICK, D.: Alterations in the supraspinatus tendon at MR imaging: correlation with histopathologic findings in cadavers. *Radiology.* 181(3):837-41. 1991.
75. KOLTS, I.: Note on the anatomy of the supraspinatus muscle. *Arch Orthop Trauma Surg.* 111(5):247-9. 1992.
76. KRAMER, M.; GERWING, M.; HACH, V.; SCHIMKE, E.: Sonography of the musculoskeletal system in dogs and cats. *Vet Radiol Ultrasound.* 38(2):139-49. 1997.
77. KRAMER, M.; GERWING, M.; MICHELE, U.; SCHIMKE, E.; KINDLER, S.: Ultrasonographic examination of injuries to the Achilles tendon in dogs and cats. *J Small Anim Pract.* 42(11):531-5. 2001.
78. KRAMER, M.; GERWING, M.; SHEPPARD, C.; SCHIMKE, E.: Ultrasonography for the diagnosis of diseases of the tendon and tendon sheath of the biceps brachii muscle. *Vet Surg.* 30(1):64-71. 2001.
79. KRIEGLEDER, H.: Mineralization of the supraspinatus tendon: Clinical observations in seven dogs. *Vet Comp Orthopaedic Trauma.* 8: 91-7. 1995.
80. KUJAT, R.: The microangiographic pattern of the rotator cuff of the dog. *Arch Orthop Trauma Surg.* 109(2):68-71. 1990.
81. KUMAGAI, J.; SARKAR, K.; UHTHOFF, H.K.; OKAWARA, Y.; OOSHIMA, A.: Immunohistochemical distribution of type I, II and III collagens in the rabbit supraspinatus tendon insertion. *J Anat.* 185 (Pt 2):279-84. 1994.

82. KUNKEL, K.A.; ROCHAT, M.C.: A review of lameness attributable to the shoulder in the dog: part two. *J Am Anim Hosp Assoc.* 44(4):163-70. 2008.
83. LABORDA, J.; GIL, J.; GIMENO, M.; UNZUETA, A.: Atlas de artrología del perro. 1ª edición. Editorial Servet. Zaragoza. 100 páginas. 2010.
84. LAFUENTE, M.P.; FRANSSON, B.A.; LINCOLN, J.D.; MARTINEZ, S.A.; GAVIN, P.R.; LAHMERS, K.K.; GAY, J.M.: Surgical treatment of mineralized and nonmineralized supraspinatus tendinopathy in twenty-four dogs. *Vet Surg.* 38(3):380-7. 2009.
85. LAITINEN, O.M.; FLO, G.L.: Mineralization of the supraspinatus tendon in dogs: a long-term follow-up. *J Am Anim Hosp Assoc.* 36(3):262-7. 2000.
86. LAMB, C.R.; DUVERNOIS, A.: Ultrasonographic anatomy of the normal canine calcaneal tendon. *Vet Radiol Ultrasound.* 46(4):326-30. 2005.
87. LE CORROLLER, T.; COHEN, M.; ASWAD, R.; PAULY, V.; CHAMPSAUR, P.: Sonography of the painful shoulder: role of the operator's experience. *Skeletal Radiol.* 37(11):979-86. 2008.
88. LIND, T.; REIMANN, I.; LARSEN, J.K.; KARSTRUP, S.: Sonography in soft-tissue trauma of the shoulder. *Acta Orthop Scand.* 60(1):49-53. 1989.
89. LINDAHL, I. L.: Detection of pregnancy in sheep by means of ultrasound. *Nature.* 212:642. 1966.
90. LING, S.C.; CHEN, C.F.; WAN, R.X.: A study on the vascular supply of the supraspinatus tendon. *Surg Radiol Anat.* 12(3):161-5. 1990.
91. LOHR, J.F.; UHTHOFF, H.K.: The microvascular pattern of the supraspinatus tendon. *Clin Orthop Relat Res.* (254):35-8. 1990.
92. LONG, C.D.; NYLAND, T.G.: Ultrasonographic evaluation of the canine shoulder. *Vet Radiol Ultrasound.* 40(4):372-9. 1999.

93. LUK'IANOVSKIĬ, V.A.: Ultrasonics and the perspectives of its use in veterinary medicine. *Veterinariia*. (6):82-5. 1977.
94. MAFFULLI, N.; KING, J.B.: Effects of physical activity on some components of the skeletal system. *Sports Med*. 13(6):393-407. 1992.
95. MAGINNESS, M.G.; PLUMMER, J.D.; BEAVER, W.L.; MEINDL, J.D.: State-of-the-art in two-dimensional ultrasonic transducer array technology. *Med Phys*. 3(5):312-8. 1976.
96. MAGNUSSON, S.P.; GLEIM, G.W.; NICHOLAS, J.A.: Shoulder weakness in professional baseball pitchers. *Med Sci Sports Exerc*. 26(1):5-9. 1994.
97. MARCELLIN-LITTLE, D.J.; LEVINE, D.; CANAPP, S.O.: The canine shoulder: selected disorders and their management with physical therapy. *Clin Tech Small Anim Pract*. 22(4):171-82. 2007.
98. MARTÍN-HERVÁS, C.; ROMERO, J.; NAVAS-ACIÉN, A.; REBOIRAS, J.J.; MUNUERA, L.: Ultrasonographic and magnetic resonance images of rotator cuff lesions compared with arthroscopy or open surgery findings. *J Shoulder Elbow Surg*. 10(5):410-5. 2001.
99. MAYER, V.: Ultrasonography of the rotator cuff (letter). *J Ultrasound in Med*. 4:608. 1985.
100. MC KEE, W.M.; MACÍAS, C.: Orthopedics conditions of the shoulder in the dog. *In Practice*. 26:118-29. 2004.
101. MELIS, B.; NEMOZ, C.; WALCH, G.: Muscle fatty infiltration in rotator cuff tears: descriptive analysis of 1688 cases. *Orthop Traumatol Surg Res*. 95(5):319-24. 2009.
102. MELONI, F.; MILIA, F.; CAVAZZUTI, M.; DORIA, C.; LISAI, P.; PROFILI, S.; MELONI, G.B.: Clinical evaluation of sodium hyaluronate in the treatment of patients with supraspinatus tendinosis under echographic guide: experimental study of periarticular injections. *Eur J Radiol*. 68(1):170-3. 2008.

103. MIDDLETON, W.D.; TEEFEY, S.A.; YAMAGUCHI, K.: Sonography of the rotator cuff: analysis of interobserver variability. *Am J Roentgenol.* 183(5):1465-8. 2004.
104. MISTIERI, M.L.; WIGGER, A.; CANOLA, J.C.; FILHO, J.G.; KRAMER, M.: Ultrasonographic evaluation of canine supraspinatus calcifying tendinosis. *J Am Anim Hosp Assoc.* 48(6):405-10. 2012.
105. MOCHIZUKI, T.; SUGAYA, H.; UOMIZU, M.; MAEDA, K.; MATSUKI, K.; SEKIYA, I.; MUNETA, T.; AKITA, K.: Humeral insertion of the supraspinatus and infraspinatus. New anatomical findings regarding the footprint of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 90(5):962-9. 2008.
106. MOFFAT, P.A.; FIRTH, E.C.; ROGERS, C.W.; SMITH, R.K.W *et al.*: The influence of exercise during growth on ultrasonographic parameters of the superficial digital flexor tendon of young Thoroughbred horses. *Equine Vet Journal.* 40(2):136-40. 2008.
107. MORGAN, J.P.: Radiology of veterinary orthopedics: features of diagnosis. 1ª edición. Editorial Wiley-Blackwell. New Jersey. 303 páginas. 1999.
108. MUIR, P.; JOHONSON, K.A.: Supraspinatus and biceps brachii tendinopathy in dogs. *J. Small Animal Practice.* 35: 239-43. 1994.
109. NAKAGAKI, K.; OZAKI, J.; TOMITA, Y.; TAMAI, S.: Fatty degeneration in the supraspinatus muscle after rotator cuff tear. *J Shoulder Elbow Surg.* 5(3):194-200. 1996.
110. NARANJO, A.; MARRERO-PULIDO, T.; OJEDA, S.; FRANCISCO, F.; ERAUSQUIN, C.; RÚA-FIGUEROA, I.; RODRÍGUEZ-LOZANO, C.; HERNÁNDEZ-SOCORRO, C.R.: Abnormal sonographic findings in the asymptomatic arthritic shoulder. *Scand J Rheumatol.* 31(1):17-21. 2002.
111. NEDOSEKIN, G.A.: The use of ultrasonics in trauma of horses. *Veterinariia.* 46(6):68-69. 1969.

112. NEUMANN, C.H.; HOLT, R.G.; STEINBACH, L.S.; JAHNKE, A.H.; PETERSEN, S.A.: MR imaging of the shoulder: appearance of the supraspinatus tendon in asymptomatic volunteers. *Am J Roentgenol*. 158(6):1281-7. 1992.
113. NIELSEN, P.K.; JENSEN, B.R.; DARVANN, T.; JØRGENSEN, K.; BAKKE, M.: Quantitative ultrasound image analysis of the supraspinatus muscle. *Clin Biomech* (Bristol, Avon). 15 Suppl 1:S13-6. 2000.
114. NIELSEN, P.K.; JENSEN, B.R.; DARVANN, T.; JØRGENSEN, K.; BAKKE, M.: Quantitative ultrasound tissue characterization in shoulder and thigh muscles-a new approach. *BMC Musculoskelet Disord*. 18:7. 2006.
115. NOMINA ANATOMICA VETERINARIA. 5ª edición. Editorial Committee. Hannover, Columbia, Gent, Sapporo. 166 páginas. 2005.
116. NYLAND, T.G.; MATTON, J.S.: Diagnóstico ecográfico en pequeños animales. 2ª edición. Editorial Multimédica. Barcelona. 491 páginas. 2004.
117. K'CONNOR, P.J.; RANKINE, J.; GIBBON, W.W.; RICHARDSON, A.; WINTER, F.; MILLER, J.H.: Interobserver variation in sonography of the painful shoulder. *J Clin Ultrasound*. 33(2):53-6. 2005.
118. PENNICK, D.: Atlas of small animal ultrasound. 1ª edición. Blackwell Publishing. New Jersey. 520 páginas. 2008.
119. PERREGAUX, A.; ASCARELLI, G.: A simple technique for wavelength modulation of optical spectra. *Appl Opt*. 7(10):2031-35. 1968.
120. PIBOT, P.; BIOURGE, V.; ELLIOT, D.: Enciclopedia de la nutrición clínica canina. 1ª edición. Editorial Royal Canin. Aimargues. 485 páginas. 2008.
121. PIÓREK, A.; ADAMIAK, Z.: Ultrasonography of the canine shoulder joint and its pathological changes. *Pol J Vet Sci*. 13(1):193-200. 2010.

122. POHLMAN, R.: Über die Ausbreitung und Absorption des Ultraschalls im menschlichen Gewebe und seine therapeutische Wirkung an Ischias und Plexusneuralgie. *Dtsch Med Wochenschr.* 65:261-256. 1939.
123. POTTER, H.G.; JAWETZ, S.T.; FOO, L.F.: Imaging of the rotator cuff following repair: human and animal models. *J Shoulder Elbow Surg.* 16(5 Suppl):S134-9. 2007.
124. REED, A.L.; PAYNE, J.T.; CONSTANINESCU, G.M.: Ultrasonographic anatomy of the normal canine stifle. *Vet Radiol Ultrasound.* 36:315-21. 1995.
125. RILEY, G.P.; GODDARD, M.J.; HAZLEMAN, B.L.: Histopathological assessment and pathological significance of matrix degeneration in supraspinatus tendons. *Rheumatology* (Oxford). 40(2):229-30. 2001.
126. RILEY, G.P.; HARRALL, R.L.; CONSTANT, C.R.; CHARD, M.D.; CAWSTON, T.E.; HAZLEMAN, B.L.: Glycosaminoglycans of human rotator cuff tendons: changes with age and in chronic rotator cuff tendinitis. *Ann Rheum Dis.* 53(6):367-76. 1994.
127. RODRÍGUEZ LORENZO, J.A.; DÍAZ RODRÍGUEZ, N.: Metodología y técnicas: ecografía del hombro normal. *Semergen.* 33(8):417-24. 2007.
128. RUDZKI, J.R.; ADLER, R.S.; WARREN, R.F.; KADRMAS, W.R.; VERMA, N.; PEARLE, A.D.; LYMAN, S.; FEALY, S.: Contrast-enhanced ultrasound characterization of the vascularity of the rotator cuff tendon: age- and activity-related changes in the intact asymptomatic rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg.* 17(1 Suppl):96S-100S. 2008.
129. RUOTOLO, C.; FOW, J.E.; NOTTAGE, W.M.: The supraspinatus footprint: an anatomic study of the supraspinatus insertion. *Arthroscopy.* 20(3):246-9. 2004.
130. RUTTEN, M.J.; JAGER, G.J.; BLICKMAN, J.G.: From the RSNA refresher courses: US of the rotator cuff: pitfalls, limitations, and artifacts. *Radiographics.* 26(2):589-604. 2006.

131. SANO, H.; SAIJO, Y.; KOKUBUN, S.: Non-mineralized fibrocartilage shows the lowest elastic modulus in the rabbit supraspinatus tendon insertion: measurement with scanning acoustic microscopy. *J Shoulder Elbow Surg.* 15(6):743-9. 2006.
132. SATOMURA, S.: Ultrasonic Doppler method for the inspection of cardiac function. *J Acoust Soc Am.* 29 (11):1181–1185. 1957.
133. SCHARF, G.; STEINBÜCHL, S.; MESSMER, M.; OHLERTH, S.: Glenoid dysplasia and bicipital tenosinovitis in a Maine coon cat. *J Small Anim Pract.* 45(10):515-20. 2004.
134. SCHIBANY, N.; ZEHETGRUBER, H.; KAINBERGER, F.; WURNIG, C.; BA-SSALAMAH, A.; HERNETH, A.M.; LANG, T.; GRUBER, D.; BREITENSEHER, M.J.: Rotator cuff tears in asymptomatic individuals: a clinical and ultrasonographic screening study. *Eur J Radiol.* 51(3):263-8. 2004.
135. SELTZER, S.E.; FINBERG, H.J.; WEISSMAN, B.N.; KIDO, D.K.; COLLIER, B.D.: Arthrosonography: gray-scale ultrasound evaluation of the shoulder. *Radiology.* 132(2):467-8. 1979.
136. SIEMS, J.J.; BREUR, G.J.; BLEVINS, W.E.; CORNELL, K.K.: Use of two-dimensional real-time ultrasonography for diagnosing contracture and strain of the infraspinatus muscle in a dog. *J Am Vet Med Assoc.* 212(1):77-80. 1998.
137. SOFKA, C.M.; HADDAD, Z.K.; ADLER, R.S.: Detection of muscle atrophy on routine sonography of the shoulder. *J Ultrasound Med.* 23(8):1031-4. 2004.
138. SOKOLOV, S.Y.: Ultrasonic oscillations and their applications. *Tech Phys,* 2:1-23. 1935.
139. STROBEL, K.; HODLER, J.; MEYER, D.C.; PFIRRMANN, C.W.; PIRKL, C.; ZANETTI, M.: Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology.* 237(2):584-9. 2005.

140. STROBEL, K.; ZANETTI, M.; NAGY, L.; HODLER, J.: Suspected rotator cuff lesions: tissue harmonic imaging versus conventional US of the shoulder. *Radiology*. 230(1):243-9. 2004.
141. TAN, S.P.; FAIRBAIRN, K.J.; KIRK, J.E.; LIONG, W.C.: Shoulder ultrasound. *Biomed Imaging Interv J*. 2(4) e58. 2006.
142. TIPTON, C.M.; MATTHES, R.D.; MAYNARD, J.A.; CAREY, R.A.: The influence of physical activity on ligaments and tendons. *Med and Sci in sports*. 7(3):165-75. 1975.
143. TNIBAR, M.A.; JOERG, A.A.: Ultrasonography of the equine shoulder: technique and normal appearance. *Vet Radiol Ultrasound*. 40(1):44-57. 1999.
144. THRALL, D.E.: Textbook of veterinary diagnostic radiology. 5ª edición. Editorial Saunders- Elsevier. St. Louis. 852 páginas. 2007.
145. TURRIN, A.; CAPPELLO, A.: Sonographic anatomy of the supraspinatus tendon and adjacent structures. *Skeletal Radiol*. 26(2):89-93. 1997.
146. VAHLENSIECK, M.; AN HAACK, K.; SCHMIDT, H.M.: Two portions of the supraspinatus muscle: a new finding about the muscles macroscopy by dissection and magnetic resonance imaging. *Surg Radiol Anat*. 16(1):101-4. 1994.
147. VAN HOLSBEECK, M.T.; KOLOWICH, P.A.; EYLER, W.R.; CRAIG, J.G.; SHIRAZI, K.K.; HABRA, G.K.; VANDERSCHUEREN, G.M.; BOUFFARD, J.A.: US depiction of partial-thickness tear of the rotator cuff. *Radiology*. 197(2):443-6. 1995.
148. VANDEVELDE, B.; VAN RYSEN, B.; SAUNDERS, J.H.; KRAMER, M.; VAN BREE, H.: Comparison of the ultrasonographic appearance of osteochondrosis lesions in the canine shoulder with radiography, arthrography, and arthroscopy. *Vet Radiol Ultrasound*. 47(2):174-84. 2006.

149. VIIDIK, A.; NIELSEN, H.M.; SKALICKY, M.: Influence of physical exercise on aging rats: II. Life-long exercise delays aging of tail tendon collagen. *Mech of Aging and Devel.* 88:139-48. 1996.
150. VOLK, A.G.; VANGSNESS, C.T.: An anatomic study of the supraspinatus muscle and tendon. *Clin Orthop Relat Res.* 384:280-5. 2001.
151. WANG, J.; HIHARA, E.: A unified formula for calculating body surface area of humans and animals. *Eur J Appl Physiol.* 92(1-2):13-7. 2004.
152. WATSON, J.C.; WILSON, A.M.: Muscle architecture of biceps brachii, triceps brachii and supraspinatus in the horse. *J Anat.* 210(1):32-40. 2007.
153. WEIGEL, J.P.; CARTE, R.E.; MARICH, K.W.: Preliminary study on the use of ultrasonic transmission imaging to evaluate the hip joint in the immature dog. *Ultrasound Med Biol.* 9:371-8. 1983.
154. WILLIAMS, M.D.; LÄDERMANN, A.; MELIS, B.; BARTHELEMY, R.; WALCH G.: Fatty infiltration of the supraspinatus: a reliability study. *J Shoulder Elbow Surg.* 18(4):581-7. 2009.
155. WINTER, T.C.; RICHARDSON, M.L.: Ultrasound of the shoulder. *RSNA@journal.* Vol 1. 1996.
156. ZIEGLER, D.W.: The use of in-office, orthopaedist-performed ultrasound of the shoulder to evaluate and manage rotator cuff disorders. *J Shoulder Elbow Surg.* 13(3):291-7. 2004.